

アルゴリズムとデータ構造III 5回目:11月11日

構文解析 CKY法, チャート法, 動的計画法

授業資料 <http://ir.cs.yamanashi.ac.jp/~ysuzuki/public/algorithm3/index.html>

授業の予定(中間試験まで)

1	10/07	スタック(後置記法で書かれた式の計算)
2	10/14	チューリング機械, 文脈自由文法
3	10/21	構文解析 CYK法
4	11/04	構文解析 CYK法
5	11/11	構文解析(チャート法), グラフ(ダイクストラ法)
6	11/18	構文解析(チャート法), グラフ(ダイクストラ法, DPマッチング)
7	11/19 4時限 B2-41	グラフ(DPマッチング, A*アルゴリズム)
8	11/25	グラフ(A*アルゴリズム), 前半のまとめ
9	12/02	中間試験

授業の予定(中間試験以降)

10	12/09	全文検索アルゴリズム(simple search, KMP)
11	12/16	全文検索アルゴリズム(BM, Aho-Corasick)
12	01/06	全文検索アルゴリズム(Aho-Corasick), データ圧縮
13	01/13	暗号(黄金虫, 踊る人形) 符号化(モールス信号, Zipfの法則, ハフマン符号)テキスト圧縮
14	01/20	テキスト圧縮(zip), 音声圧縮(ADPCM, MP3, CELP), 画像圧縮(JPEG)
15	02/03	期末試験

本日のメニュー

- 構文解析
 - CYK法(復習)
 - 他の構文解析アルゴリズム
 - チャート法
- 動的計画法
 - (ダイクストラ法)

先週の練習問題

- CYK法を使って“I eat pizza with Nana”の構文解析結果を作成しなさい。

A→BC	}	(1) S → N V
		(2) S → S PP
		(3) S → V N
		(4) V → V N
		(5) PP → P N
		(6) N → N PP
A→a (辞書規則)	}	(7) N → I
		(8) N → Nana
		(9) N → pizza
		(10) V → eat
		(11) P → with

CYK法で構文解析

I eat pizza with Nana.

	1. I	2. eat	3. pizza	4. with	5. Nana
1. I	N → I				
2. eat		V → eat			
3. pizza			N → pizza		
4. with				P → with	
5. Nana					N → Nana

A→BC型 (1) S → N V (2) S → S PP (3) S → V N (4) V → V N (5) PP → P N (6) N → N PP	A→a型 (7) N → I (8) N → Nana (9) N → pizza (10) V → eat (11) P → with
--	---

CYK法で構文解析

I eat pizza with Nana.

	1. I	2. eat	3. pizza	4. with	5. Nana
1. I	N → I	S → N V			
2. eat		V → eat	S → V N V → V N		
3. pizza			N → pizza		
4. with				P → with	PP → P N
5. Nana					N → Nana

A→BC型
 (1) S → N V
 (2) S → S PP
 (3) S → V N
 (4) V → V N
 (5) PP → P N
 (6) N → N PP

A→a型
 (7) N → I
 (8) N → Nana
 (9) N → pizza
 (10) V → eat
 (11) P → with

CYK法で構文解析

I eat pizza with Nana.

	1. I	2. eat	3. pizza	4. with	5. Nana
1. I	N → I	S → N V	S → N V		
2. eat		V → eat	S → V N V → V N		
3. pizza			N → pizza		N → N PP
4. with				P → with	PP → P N
5. Nana					N → Nana

A→BC型
 (1) S → N V
 (2) S → S PP
 (3) S → V N
 (4) V → V N
 (5) PP → P N
 (6) N → N PP

A→a型
 (7) N → I
 (8) N → Nana
 (9) N → pizza
 (10) V → eat
 (11) P → with

CYK法で構文解析

I eat pizza with Nana.

	1. I	2. eat	3. pizza	4. with	5. Nana
1. I	N → I	S → N V	S → N V		
2. eat		V → eat	S → V N V → V N		S → S PP S → V N V → V N
3. pizza			N → pizza		N → N PP
4. with				P → with	PP → P N
5. Nana					N → Nana

A→BC型
 (1) S → N V
 (2) S → S PP
 (3) S → V N
 (4) V → V N
 (5) PP → P N
 (6) N → N PP

A→a型
 (7) N → I
 (8) N → Nana
 (9) N → pizza
 (10) V → eat
 (11) P → with

CYK法で構文解析

I eat pizza with Nana.

	1. I	2. eat	3. pizza	4. with	5. Nana
1. I	N → I	S → N V	S → N V		S → N V S → S PP
2. eat		V → eat	S → V N V → V N		S → S PP S → V N V → V N
3. pizza			N → pizza		N → N PP
4. with				P → with	PP → P N
5. Nana					N → Nana

A→BC型
 (1) S → N V
 (2) S → S PP
 (3) S → V N
 (4) V → V N
 (5) PP → P N
 (6) N → N PP

A→a型
 (7) N → I
 (8) N → Nana
 (9) N → pizza
 (10) V → eat
 (11) P → with

CYK法で構文解析 S → N V の構文木

I eat pizza with Nana.

	1. I	2. eat	3. pizza	4. with	5. Nana
1. I	N → I				S → N V
2. eat		V → eat			V → V N
3. pizza			N → pizza		N → N PP
4. with				P → with	PP → P N
5. Nana					N → Nana

A→BC型
 (1) S → N V
 (2) S → S PP
 (3) S → V N
 (4) V → V N
 (5) PP → P N
 (6) N → N PP

A→a型
 (7) N → I
 (8) N → Nana
 (9) N → pizza
 (10) V → eat
 (11) P → with

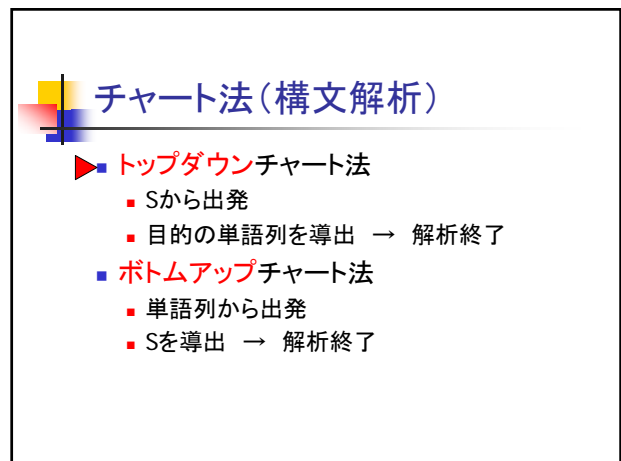
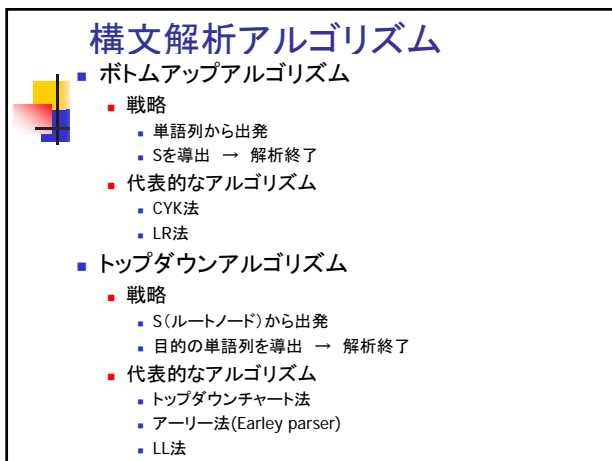
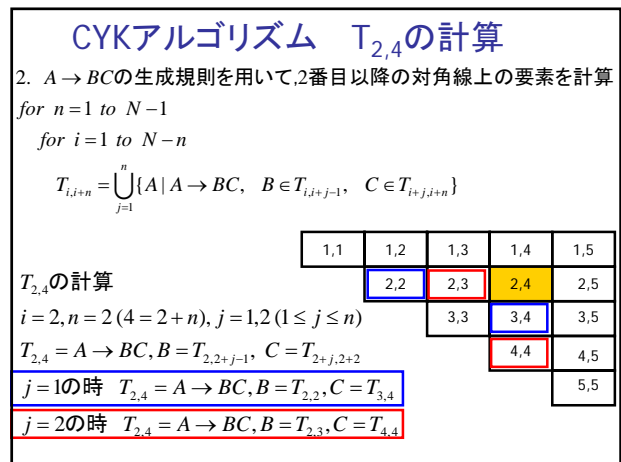
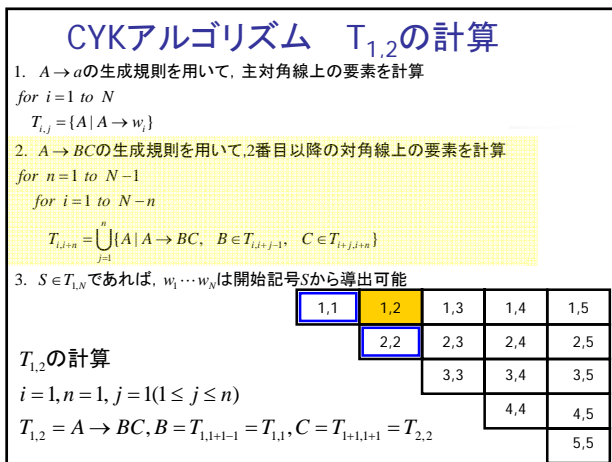
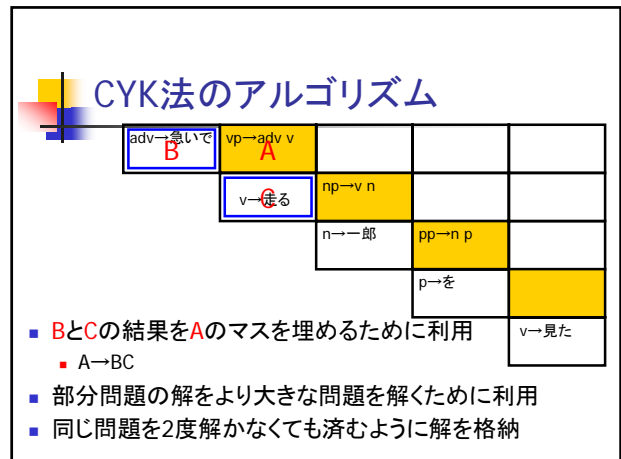
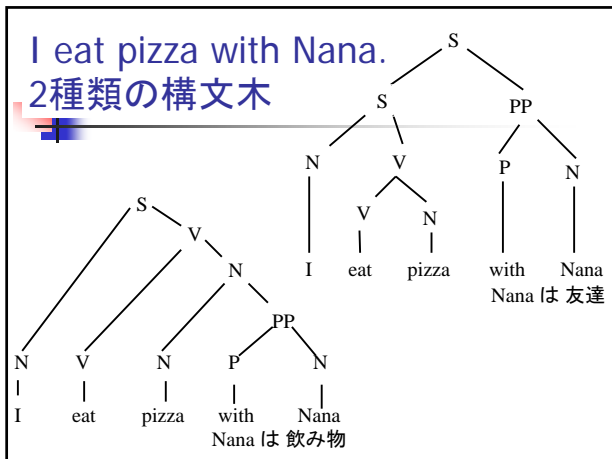
CYK法で構文解析 S → S PP の構文木

I eat pizza with Nana.

	1. I	2. eat	3. pizza	4. with	5. Nana
1. I	N → I				S → S PP
2. eat		V → eat			V → V N
3. pizza			N → pizza		N → N PP
4. with				P → with	PP → P N
5. Nana					N → Nana

A→BC型
 (1) S → N V
 (2) S → S PP
 (3) S → V N
 (4) V → V N
 (5) PP → P N
 (6) N → N PP

A→a型
 (7) N → I
 (8) N → Nana
 (9) N → pizza
 (10) V → eat
 (11) P → with

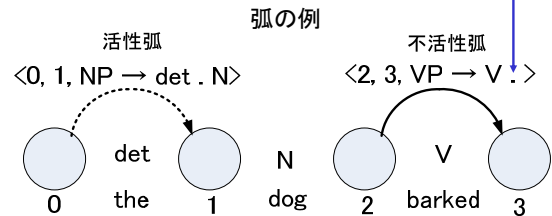


チャート法で使用する用語 1/3

- 節点(ノード)
 - 単語と単語の間に存在する仮想的な点
- 弧(アーク)
 - 節点間を結び、文の部分的な構造を表す
 - $\langle i, j, C \rightarrow \alpha . \beta \rangle$
 - i は弧の始点, j は弧の終点
 - $.$ は解析が終了している位置
 - 節点 i から j まで解析すると α
 - β まで解析できると C

チャート法で使用する用語 2/3

- 不活性弧
 - 右辺の最後に「 $.$ 」がある弧
- 活性弧
 - 不活性弧以外の弧

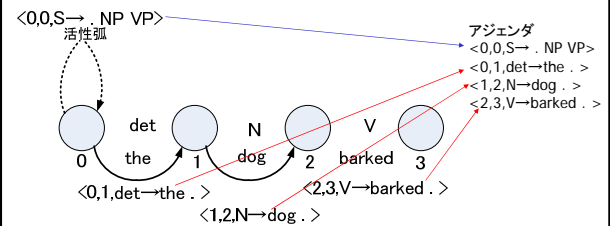


チャート法で使用する用語 3/3

- チャート
 - ノード, 弧の集合
- アジェンダ
 - チャートに追加すべき弧のリスト

トップダウンチャート法のアルゴリズム(1/2)

- 辞書規則の適用
 - 入力文の各単語 w_k について, 不活性弧 $\langle k, k+1, A \rightarrow w_k . \rangle$ をアジェンダに追加
- 活性弧 $\langle 0, 0, S \rightarrow \alpha \rangle$ をアジェンダの先頭に追加

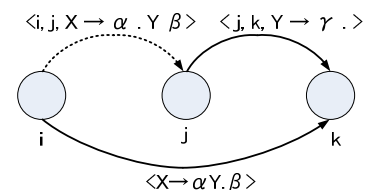


トップダウンチャート法のアルゴリズム(2/2)

- アジェンダが空になるまで以下の操作を繰り返す
 - 弧の選択
 - アジェンダから弧を1個選びチャートに追加(選んだ弧=arc)
 - 弧の結合
 - arcが活性弧 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha . Y \beta \rangle$ のとき,
 - arcの右にある不活性弧 $\langle j, k, Y \rightarrow \gamma . \rangle$ を探し, 結合する(次ページ)
 - arcが不活性弧 $\langle i, j, Y \rightarrow \gamma . \rangle$ のとき,
 - arcの左にある活性弧 $\langle k, i, X \rightarrow \alpha . Y \beta \rangle$ を探し, 結合する
 - 結合してできた新しい弧 $\langle i, k, X \rightarrow \alpha Y . \beta \rangle$ をアジェンダに追加
 - 新しい弧の提案
 - arcが活性弧 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha . Y \beta \rangle$ のとき,
 - Y を左辺とする規則 $Y \rightarrow \gamma$ (辞書規則を除く)があれば, 新しい活性弧 $\langle j, j, Y \rightarrow \gamma . \rangle$ を作ってアジェンダに追加

トップダウンチャート法のアルゴリズム

- 弧の結合
 - arcが $\langle i, j, X \rightarrow \alpha . Y \beta \rangle$ の時
 - $\langle i, j, X \rightarrow \alpha . Y \beta \rangle + \langle j, k, Y \rightarrow \gamma . \rangle$
 - $\rightarrow \langle i, k, X \rightarrow \alpha Y . \beta \rangle$



- 不活性弧 $\langle 0, n, S \rightarrow \alpha . \rangle$ が生成できれば解析成功

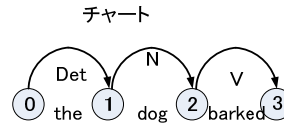
(トップダウン)チャート法を用いた構文解析例 (例文)

- 解析文
 - The dog barked.
- 文法
 - $S \rightarrow NP VP$
 - $NP \rightarrow Det N$
 - $VP \rightarrow V$
 - $VP \rightarrow V NP$
 - $Det \rightarrow the$
 - $N \rightarrow dog$
 - $V \rightarrow barked$

The dog barked. 1/27

辞書規則の適用
 入力文の各単語 w_k について、
 不活性弧 $\langle k, k+1, A \rightarrow w_k \dots \rangle$ をアジェンダに追加

- 文法
 - $S \rightarrow NP VP$
 - $NP \rightarrow det N$
 - $VP \rightarrow V$
 - $VP \rightarrow V NP$
 - $Det \rightarrow the$
 - $N \rightarrow dog$
 - $V \rightarrow barked$



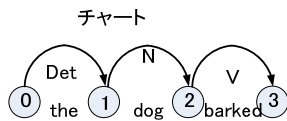
- アジェンダ
- $\langle 0, 1, Det \rightarrow the \dots \rangle$
 - $\langle 1, 2, N \rightarrow dog \dots \rangle$
 - $\langle 2, 3, V \rightarrow barked \dots \rangle$

辞書規則をアジェンダにpush

The dog barked. 2/27

活性弧 $\langle 0, 0, S \rightarrow \alpha \dots \rangle$ をアジェンダの先頭に追加

- 文法の一部)
- $S \rightarrow NP VP$
 - $NP \rightarrow Det N$
 - $VP \rightarrow V$
 - $VP \rightarrow V NP$



- アジェンダ
- $\langle 0, 0, S \rightarrow \dots NP VP \rangle$
 - $\langle 0, 1, Det \rightarrow the \dots \rangle$
 - $\langle 1, 2, N \rightarrow dog \dots \rangle$
 - $\langle 2, 3, V \rightarrow barked \dots \rangle$

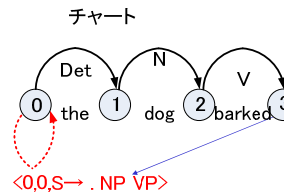
$\langle 0, 0, S \rightarrow \dots NP VP \rangle$ をアジェンダにpush

The dog barked. 3/27

弧の選択

アジェンダから弧を1個選びチャートに追加(選んだ弧=arc)

- 文法の一部)
- $S \rightarrow NP VP$
 - $NP \rightarrow Det N$
 - $VP \rightarrow V$
 - $VP \rightarrow V NP$



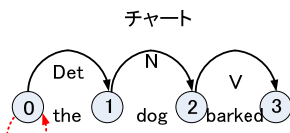
- アジェンダ
- $\langle 0, 0, S \rightarrow \dots NP VP \rangle$
 - $\langle 0, 1, Det \rightarrow the \dots \rangle$
 - $\langle 1, 2, N \rightarrow dog \dots \rangle$
 - $\langle 2, 3, V \rightarrow barked \dots \rangle$

新しい活性弧 $\langle 0, 0, S \rightarrow \dots NP VP \rangle$ をアジェンダからチャートにpop

The dog barked. 4/27

弧の結合
 arcが活性弧 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha \dots Y \beta \dots \rangle$ のとき、
 arcの右にある不活性弧 $\langle j, k, Y \rightarrow \gamma \dots \rangle$ を探し、結合する
 結合してできた新しい弧 $\langle i, k, X \rightarrow \alpha \dots Y \beta \dots \rangle$ をアジェンダに追加

- 文法の一部)
- $S \rightarrow NP VP$
 - $NP \rightarrow Det N$
 - $VP \rightarrow V$
 - $VP \rightarrow V NP$



- アジェンダ
- $\langle 0, 1, Det \rightarrow the \dots \rangle$
 - $\langle 1, 2, N \rightarrow dog \dots \rangle$
 - $\langle 2, 3, V \rightarrow barked \dots \rangle$

$\langle 0, 0, S \rightarrow \dots NP VP \rangle$

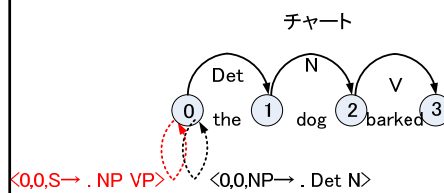
該当無し→何もしない

The dog barked. 5/27

新しい弧の提案

arcが活性弧 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha \dots Y \beta \dots \rangle$ のとき、
 Y を左辺とする規則 $Y \rightarrow \gamma$ (辞書規則を除く) があれば、
 新しい活性弧 $\langle j, j, Y \rightarrow \gamma \dots \rangle$ をアジェンダに追加

- 文法の一部)
- $S \rightarrow NP VP$
 - $NP \rightarrow Det N$
 - $VP \rightarrow V$
 - $VP \rightarrow V NP$



- アジェンダ
- $\langle 0, 0, NP \rightarrow \dots Det N \rangle$
 - $\langle 0, 1, Det \rightarrow the \dots \rangle$
 - $\langle 1, 2, N \rightarrow dog \dots \rangle$
 - $\langle 2, 3, V \rightarrow barked \dots \rangle$

$\langle 0, 0, S \rightarrow \dots NP VP \rangle$ $\langle 0, 0, NP \rightarrow \dots Det N \rangle$

$\langle 0, 0, NP \rightarrow \dots Det N \rangle$ をアジェンダに追加

The dog barked. 6/27

文法の一部)

- S→NP VP
- NP→Det N
- VP→V
- VP→V NP

弧の選択
アジェンダから弧を1個選びチャートに追加(選んだ弧=arc)

アジェンダ

- <0,0,NP→. Det N>
- <0,1,Det→the.>
- <1,2,N→dog.>
- <2,3,V→barked.>

アジェンダから<0,0,NP→. Det N>をチャートにpop

The dog barked. 7/27

文法の一部)

- S→NP VP
- NP→Det N
- VP→V
- VP→V NP

弧の結合
arcが活性弧<i,j,X→α.Yβ>のとき、
arcの右にある不活性弧<j,k,Y→γ.>を探し、結合する
結合してできた新しい弧<i,k,X→αY.β>をアジェンダに追加

アジェンダ

- <0,1,Det→the.>
- <1,2,N→dog.>
- <2,3,V→barked.>

アジェンダ

- <0,1,NP→Det.N>
- <1,2,N→dog.>
- <2,3,V→barked.>

<0,0,NP→. Det N>と<0,1,Det→the.>を結合して<NP→ Det.N>を得る。
<NP→ Det.N>をアジェンダにpush

The dog barked. 8/27

文法の一部)

- S→NP VP
- NP→Det N
- VP→V
- VP→V NP

新しい弧の提案
arcが活性弧<i,j,X→α.Yβ>のとき、
Yを左辺とする規則Y→γ(辞書規則を除く)があれば、
新しい活性弧<j,j,Y→γ.>を作ってアジェンダに追加

アジェンダ

- <0,1,NP→Det.N>
- <1,2,N→dog.>
- <2,3,V→barked.>

規則Y→γがない → 何もしない

The dog barked. 9/27

文法の一部)

- S→NP VP
- NP→Det N
- VP→V
- VP→V NP

弧の選択
アジェンダから弧を1個選びチャートに追加(選んだ弧=arc)

アジェンダ

- <0,1,NP→Det.N>
- <1,2,N→dog.>
- <2,3,V→barked.>

<0,1,NP→Det.N>をアジェンダに追加

The dog barked. 10/27

文法の一部)

- S→NP VP
- NP→Det N
- VP→V
- VP→V NP

弧の結合
arcが活性弧<i,j,X→α.Yβ>のとき、
arcの右にある不活性弧<j,k,Y→γ.>を探し、結合する
結合してできた新しい弧<i,k,X→αY.β>をアジェンダに追加

アジェンダ

- <1,2,N→dog.>
- <2,3,V→barked.>

アジェンダ

- <0,2,NP→det N.>
- <2,3,V→barked.>

<NP→Det.N>と<N→dog.>を結合して<NP→ det N.>を得る。
<NP→ det N.>をアジェンダにpush

The dog barked. 11/27

文法の一部)

- S→NP VP
- NP→Det N
- VP→V
- VP→V NP

新しい弧の提案
arcが活性弧<i,j,X→α.Yβ>のとき、
Yを左辺とする規則Y→γ(辞書規則を除く)があれば、
新しい活性弧<j,j,Y→γ.>を作ってアジェンダに追加

アジェンダ

- <0,2,NP→det N.>
- <2,3,V→barked.>

規則Y→γがない → 何もしない

The dog barked. 12/27

文法の一部)
 • S→NP VP
 • NP→Det N
 • VP→V
 • VP→V NP

弧の選択
 アジェンダから弧を1個選びチャートに追加(選んだ弧=arc)

チャート

アジェンダ

<0,2,NP→Det N.>をアジェンダからpopしてチャートに追加

The dog barked. 13/27

文法の一部)
 • S→NP VP
 • NP→Det N
 • VP→V
 • VP→V NP

弧の結合
 arcが不活性弧<i,j,Y→γ.>のとき、
 arcの左にある活性弧<k,i,X→α.Yβ>を探し、結合する
 結合してできた新しい弧<i,k,X→α.Y.β>をアジェンダに追加

チャート

アジェンダ

<NP→Det N.>と<S→.NP VP>を結合して<S→NP.VP>を得る。
 <S→NP.VP>をアジェンダにpush

The dog barked. 14/27

文法の一部)
 • S→NP VP
 • NP→Det N
 • VP→V
 • VP→V NP

新しい弧の提案
 arcが活性弧<i,j,X→α.Yβ>のとき、
 Yを左辺とする規則Y→γ(辞書規則を除く)があれば、
 新しい活性弧<j,j,Y→γ>を作ってアジェンダに追加

チャート

アジェンダ

Arcは不活性弧 → 何もしない

The dog barked. 15/27

文法の一部)
 • S→NP VP
 • NP→Det N
 • VP→V
 • VP→V NP

弧の選択
 アジェンダから弧を1個選びチャートに追加(選んだ弧=arc)

チャート

アジェンダ

<0,2,S→NP.VP>をアジェンダからpopしてチャートに追加

The dog barked. 16/27

文法の一部)
 • S→NP VP
 • NP→Det N
 • VP→V
 • VP→V NP

弧の結合
 arcが活性弧<i,j,X→α.Yβ>のとき、
 arcの右にある不活性弧<j,k,Y→γ.>を探し、結合する
 結合してできた新しい弧<i,k,X→α.Y.β>をアジェンダに追加

チャート

アジェンダ

Arcの右にないので何もしない

The dog barked. 17/27

文法の一部)
 • S→NP VP
 • NP→Det N
 • VP→V
 • VP→V NP

新しい弧の提案
 arcが活性弧<i,j,X→α.Yβ>のとき、
 Yを左辺とする規則Y→γ(辞書規則を除く)があれば、
 新しい活性弧<j,j,Y→γ>を作ってアジェンダに追加

チャート

アジェンダ

新しい活性弧<2,2,VP→.V>をアジェンダにpush

The dog barked. 18/27

文法の一部)

- S → NP VP
- NP → Det N
- VP → V
- VP → V NP

弧の選択
アジェンダから弧を1個選びチャートに追加(選んだ弧=arc)

アジェンダ
<2,2,VP → . V >
<2,3,V → barked . >

<2,2,VP → . V>をアジェンダからpopしてチャートに追加

The dog barked. 19/27

文法の一部)

- S → NP VP
- NP → Det N
- VP → V
- VP → V NP

弧の結合
arcが活性弧< i,j,X → α.Yβ >のとき、
arcの右にある不活性弧< j,k,Y → γ.>を探し、結合する
結合してできた新しい弧< i,k,X → α.Y.β >をアジェンダに追加
チャート

アジェンダ
<2,3,V → barked . >

<0,0,S → . NP VP >
<0,2,S → NP . VP >
<2,3,VP → V . >
<2,2,VP → . V >

<VP → . V> + <V → barked . > = <VP → V . >

アジェンダ
<2,3,VP → V . >

The dog barked. 20/27

文法の一部)

- S → NP VP
- NP → Det N
- VP → V
- VP → V NP

新しい弧の提案
arcが活性弧< i,j,X → α.Yβ >のとき、
Yを左辺とする規則Y → γ (辞書規則を除く)があれば、
新しい活性弧< j,j,Y → γ.>を作ってアジェンダに追加

アジェンダ
<2,3,VP → V . >

<0,0,S → . NP VP >
<0,2,S → NP . VP >
<2,3,VP → V . >

Y → γがないので何もしない

The dog barked. 21/27

文法の一部)

- S → NP VP
- NP → Det N
- VP → V
- VP → V NP

弧の選択
アジェンダから弧を1個選びチャートに追加(選んだ弧=arc)

アジェンダ
<2,3,VP → V . >

<0,0,S → . NP VP >
<0,2,S → NP . VP >
<2,3,VP → V . >

<2,3,VP → V .>をアジェンダからpopしてチャートに追加

The dog barked. 22/27

文法の一部)

- S → NP VP
- NP → Det N
- VP → V
- VP → V NP

弧の結合
arcが不活性弧< i,j,Y → γ.>のとき、
arcの左にある活性弧< k,i,X → α.Yβ >を探し、結合する
結合してできた新しい弧< i,k,X → α.Y.β >をアジェンダに追加

アジェンダ
<0,3,S → NP VP . >

<0,0,S → . NP VP >
<0,2,S → NP . VP >
<2,3,VP → V . >
<2,3,V → barked . >

<S → NP . VP>と<VP → V .>を結合して<S → NP VP .>を得る

The dog barked. 23/27

文法の一部)

- S → NP VP
- NP → Det N
- VP → V
- VP → V NP

新しい弧の提案
arcが活性弧< i,j,X → α.Yβ >のとき、
Yを左辺とする規則Y → γ (辞書規則を除く)があれば、
新しい活性弧< j,j,Y → γ.>を作ってアジェンダに追加

アジェンダ
<0,3,S → NP VP . >

<0,0,S → . NP VP >
<0,2,S → NP . VP >
<2,3,VP → V . >
<2,3,V → barked . >

arcは不活性弧なので何もしない

The dog barked. 24/27

文法の一部)
 . S→NP VP
 . NP→Det N
 . VP→V
 . VP→V NP

弧の選択
 アジェンダから弧を1個選びチャートに追加(選んだ弧=arc)

チャート

アジェンダ
 <0,3,S->NP VP.>

<0,0,S->. NP VP> <0,2,S->NP . VP> <2,2,VP->. V> <2,3,VP->V . .>

<0,3,S->NP VP . .>をアジェンダからpopしてチャートに追加

The dog barked. 25/27

文法の一部)
 . S→NP VP
 . NP→Det N
 . VP→V
 . VP→V NP

弧の結合
 arcが不活性弧<i,j,Y->γ.>のとき、
 arcの左にある活性弧<k,i,X->α.Yβ>を探し、結合する
 結合してできた新しい弧<i,k,X->αY.β>をアジェンダに追加

チャート

アジェンダ

<0,0,S->. NP VP> <0,2,S->NP . VP> <2,2,VP->. V> <2,3,VP->V . .>

<k,i,X->α.Yβ>がないので何もしない

The dog barked. 26/27

文法の一部)
 . S→NP VP
 . NP→Det N
 . VP→V
 . VP→V NP

新しい弧の提案
 arcが活性弧<i,j,X->α.Yβ>のとき、
 Yを左辺とする規則Y->γ(辞書規則を除く)があれば、新
 しい活性弧<j,i,Y->γ>を作ってアジェンダに追加

チャート

アジェンダ

<0,0,S->. NP VP> <0,2,S->NP . VP> <2,2,VP->. V> <2,3,VP->V . .>

Arcは不活性弧なので何もしない

The dog barked. 27/27

文法の一部)
 . S→NP VP
 . NP→Det N
 . VP→V
 . VP→V NP

弧の選択
 アジェンダから弧を1個選びチャートに追加(選んだ弧=arc)

チャート

アジェンダ
 (空)

<0,0,S->. NP VP> <0,2,S->NP . VP> <2,2,VP->. V> <2,3,VP->V . .>

アジェンダになにも無いので処理終了
 不活性弧<0,n,S->α.>を生成できたので解析成功!

構文木の復元

- 弧に履歴を残す。
 - 弧に識別番号をつける
 - 右辺がどの不活性弧によって構成されるかを記録
- 不活性弧の履歴をたどれば構文木が復元できる
- 得られる構文木の例
 - 番号は不活性弧の番号

チャート法の特徴

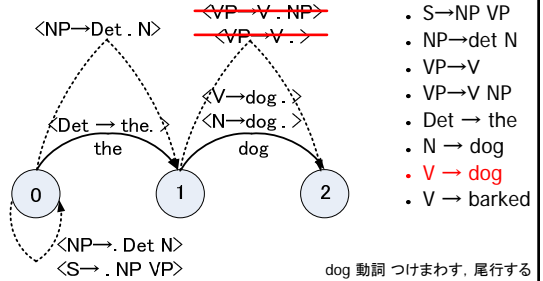
- 任意の文脈自由文法が扱える
 - A→BCDも、A→bCもOK
- 4種類の方式
 - トップダウンとボトムアップ
 - 縦型探索と横型探索
- 文法の予測能力が使える
 - 無駄な弧を生成しないので効率が良い(トップダウンチャート法)
- 広く使われている

縦型探索と横型探索

- 縦型探索
 - 1つの解の候補の解析を優先的に進める
 - 文が文法によって生成できるかだけを調べるときに便利
- 横型探索
 - 全ての解の候補の解析を並列に進める
 - ビームサーチが使える
- チャート法では両方も可能
- アジェンダをスタック(LIFO)にしたときは縦型探索
- アジェンダをキュー(FIFO)にしたときは横型探索

文法の予測能力

- 無駄な弧は生成されない
- 文法によってDetの後にはVが現れないことが予想されている



動的計画法(Dynamic Programming)

- 部分問題の解をより大きな問題を解くために利用
- 同じ問題を2度解かなくても済むように解を格納
- 最適解に利用できない部分問題は省略する
- アルゴリズムの例
 - CYK法(構文解析)
 - ダイクストラ法(最短経路問題)
 - DPマッチング(パターンマッチング DNAの解析にも利用)
 - DPを使った解法(ナップサック問題)
 - ビタビアルゴリズム(音声認識など)