

アルゴリズムとデータ構造III 6回目:11月19日

構文解析 チャート法
グラフ ダイクストラ法

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

授業の予定(中間試験まで)

1	10/01	スタック(後置記法で書かれた式の計算)
2	10/15	文脈自由文法, 構文解析, CYK法
3	10/22	構文解析 CYK法
4	10/29	構文解析 CYK法
5	11/12	構文解析 CYK法, 動的計画法
6	11/19	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	11/26	グラフ(DPマッチング, A*アルゴリズム)
8	12/03	グラフ(A*アルゴリズム), 前半のまとめ
9	12/04	教室:A1-41 4時限 全文検索アルゴリズム(simple search, KMP)

授業の予定(中間試験以降)

10	12/10	中間試験(8回目までの範囲)
11	12/11 4時限	教室:A1-41 全文検索アルゴリズム(BM, Aho-Corasick)
12	12/17	全文検索アルゴリズム(Aho-Corasick), データ圧縮
13	01/07	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	01/14	テキスト圧縮(zip), 音声圧縮(ADPCM, MP3, CELP), 画像圧縮(JPEG)
15	01/21	期末試験

本日のメニュー

- 構文解析
 - チャート法
 - 解析例
 - アルゴリズム
 - 動的計画法(最短距離探索)
 - ダイクストラ法
 - 解析例
 - アルゴリズム

チャート法(構文解析)

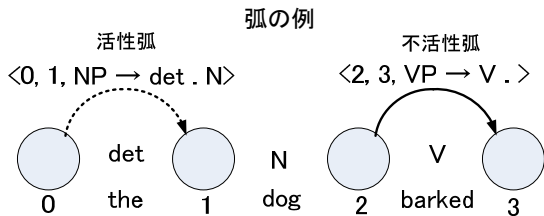
- ▶ **トップダウン**チャート法
 - Sから出発
 - 目的の単語列を導出 → 解析終了
- **ボトムアップ**チャート法
 - 単語列から出発
 - Sを導出 → 解析終了

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
 - \cdot 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

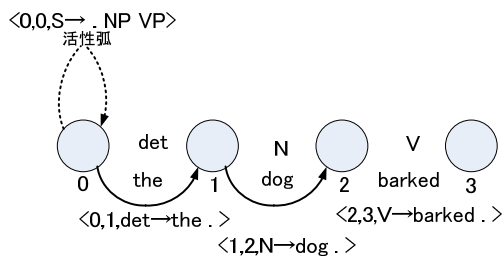


チャート法で使用する用語 3/3

- 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 $\langle k, k+1, A \rightarrow w_k \cdot \rangle$ をアジェンダに追加
- 活性弧 $\langle 0, 0, S \rightarrow \alpha \cdot \rangle$ 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 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ のとき,
 - arcの右にある不活性弧 $\langle j, k, Y \rightarrow \gamma \cdot \rangle$ を探し, 結合する (次ページ)
 - arcが不活性弧 $\langle i, j, Y \rightarrow \gamma \cdot \rangle$ のとき,
 - arcの左にある活性弧 $\langle k, i, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ を探し, 結合する
 - 結合してできた新しい弧 $\langle i, k, X \rightarrow \alpha Y \cdot \beta \rangle$ をアジェンダに追加
 - 新しい弧の提案
 - arcが活性弧 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ 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 $\langle j, j, Y \rightarrow \gamma \cdot \rangle$ 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
 - 例えば
 - $\langle i, j, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle + \langle j, k, Y \rightarrow \gamma \cdot \rangle$
 - $\rightarrow \langle i, k, X \rightarrow \alpha Y \cdot \beta \rangle$
-
- $\langle i, j, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ $\langle j, k, Y \rightarrow \gamma \cdot \rangle$
- i j k
- $\langle X \rightarrow \alpha Y \cdot \beta \rangle$
- 不活性弧 $\langle 0, n, S \rightarrow \alpha \cdot \rangle$ 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
 - $S \rightarrow NP VP$
 - $NP \rightarrow \text{Det } N$
 - $VP \rightarrow V$
 - $VP \rightarrow V NP$
 - $\text{Det} \rightarrow \text{the}$
 - $N \rightarrow \text{dog}$
 - $V \rightarrow \text{barked}$

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 $\langle k, k+1, A \rightarrow w_k \cdot \rangle$ をアジェンダに追加

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

チャート

辞書規則をアジェンダにpush

アジェンダ

- $\langle 0, 1, \text{Det} \rightarrow \text{the} \cdot \rangle$
- $\langle 1, 2, N \rightarrow \text{dog} \cdot \rangle$
- $\langle 2, 3, V \rightarrow \text{barked} \cdot \rangle$

The dog barked. 2/27

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

文法(の一部)

- $S \rightarrow NP VP$
- $NP \rightarrow \text{Det } N$
- $VP \rightarrow V$
- $VP \rightarrow V NP$

アジェンダ

- $\langle 0, 0, S \rightarrow \cdot NP VP \rangle$
- $\langle 0, 1, \text{Det} \rightarrow \text{the} \cdot \rangle$
- $\langle 1, 2, N \rightarrow \text{dog} \cdot \rangle$
- $\langle 2, 3, V \rightarrow \text{barked} \cdot \rangle$

チャート

$\langle 0, 0, S \rightarrow \cdot NP VP \rangle$ 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)

- $S \rightarrow NP VP$
- $NP \rightarrow \text{Det } N$
- $VP \rightarrow V$
- $VP \rightarrow V NP$

アジェンダ

- $\langle 0, 0, S \rightarrow \cdot NP VP \rangle$
- $\langle 0, 1, \text{Det} \rightarrow \text{the} \cdot \rangle$
- $\langle 1, 2, N \rightarrow \text{dog} \cdot \rangle$
- $\langle 2, 3, V \rightarrow \text{barked} \cdot \rangle$

チャート

新しい活性弧 $\langle 0, 0, S \rightarrow \cdot NP VP \rangle$ 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 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ のとき、
 arcの右にある不活性弧 $\langle j, k, Y \rightarrow \gamma \cdot \rangle$ を探し、結合する
 結合してできた新しい弧 $\langle i, k, X \rightarrow \alpha Y \cdot \beta \rangle$ をアジェンダに追加

文法(の一部)

- $S \rightarrow NP VP$
- $NP \rightarrow \text{Det } N$
- $VP \rightarrow V$
- $VP \rightarrow V NP$

アジェンダ

- $\langle 0, 1, \text{Det} \rightarrow \text{the} \cdot \rangle$
- $\langle 1, 2, N \rightarrow \text{dog} \cdot \rangle$
- $\langle 2, 3, V \rightarrow \text{barked} \cdot \rangle$

チャート

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 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ 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 $\langle j, j, Y \rightarrow \gamma \cdot \rangle$ を作ってアジェンダに追加

文法(の一部)

- $S \rightarrow NP VP$
- $NP \rightarrow \text{Det } N$
- $VP \rightarrow V$
- $VP \rightarrow V NP$

アジェンダ

- $\langle 0, 0, NP \rightarrow \cdot \text{Det } N \rangle$
- $\langle 0, 1, \text{Det} \rightarrow \text{the} \cdot \rangle$
- $\langle 1, 2, N \rightarrow \text{dog} \cdot \rangle$
- $\langle 2, 3, V \rightarrow \text{barked} \cdot \rangle$

チャート

$\langle 0, 0, S \rightarrow \cdot NP VP \rangle$ $\langle 0, 0, NP \rightarrow \cdot \text{Det } N \rangle$

The dog barked. 6/27

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)

- $S \rightarrow NP VP$
- $NP \rightarrow \text{Det } N$
- $VP \rightarrow V$
- $VP \rightarrow V NP$

アジェンダ

- $\langle 0, 0, NP \rightarrow \cdot \text{Det } N \rangle$
- $\langle 0, 1, \text{Det} \rightarrow \text{the} \cdot \rangle$
- $\langle 1, 2, N \rightarrow \text{dog} \cdot \rangle$
- $\langle 2, 3, V \rightarrow \text{barked} \cdot \rangle$

チャート

$\langle 0, 0, S \rightarrow \cdot NP VP \rangle$ $\langle 0, 0, NP \rightarrow \cdot \text{Det } N \rangle$

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 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha . Y \beta \rangle$ 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
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

チャート

アジェンダ

- $\langle 0, 1, \text{NP} \rightarrow \text{Det} . \text{N} \rangle$
- $\langle 1, 2, \text{N} \rightarrow \text{dog} . \rangle$
- $\langle 2, 3, \text{V} \rightarrow \text{barked} . \rangle$

アジェンダ

- $\langle 0, 0, \text{S} \rightarrow . \text{NP VP} \rangle$
- $\langle \text{NP} \rightarrow . \text{Det} . \text{N} \rangle$

$\langle 0, 0, \text{NP} \rightarrow . \text{Det} . \text{N} \rangle$ と $\langle 0, 1, \text{NP} \rightarrow \text{Det} . \text{N} \rangle$ を結合して $\langle \text{NP} \rightarrow \text{Det} . \text{N} \rangle$ を得る。
 $\langle \text{NP} \rightarrow \text{Det} . \text{N} \rangle$ 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 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha . Y \beta \rangle$ 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
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 $\langle j, j, Y \rightarrow \gamma . \rangle$ をアジェンダに追加

チャート

アジェンダ

- $\langle 0, 1, \text{NP} \rightarrow \text{Det} . \text{N} \rangle$
- $\langle 1, 2, \text{N} \rightarrow \text{dog} . \rangle$
- $\langle 2, 3, \text{V} \rightarrow \text{barked} . \rangle$

アジェンダ

- $\langle 0, 0, \text{S} \rightarrow . \text{NP VP} \rangle$
- $\langle \text{NP} \rightarrow \text{Det} . \text{N} \rangle$
- $\langle 1, 1, \text{NP} \rightarrow \text{Det} . \text{N} \rangle$
- $\langle 1, 2, \text{N} \rightarrow \text{dog} . \rangle$
- $\langle 2, 3, \text{V} \rightarrow \text{barked} . \rangle$

規則 $Y \rightarrow \gamma$ がいない → 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)

チャート

アジェンダ

- $\langle 0, 1, \text{NP} \rightarrow \text{Det} . \text{N} \rangle$
- $\langle 1, 2, \text{N} \rightarrow \text{dog} . \rangle$
- $\langle 2, 3, \text{V} \rightarrow \text{barked} . \rangle$

アジェンダ

- $\langle 0, 0, \text{S} \rightarrow . \text{NP VP} \rangle$
- $\langle \text{NP} \rightarrow \text{Det} . \text{N} \rangle$

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 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha . Y \beta \rangle$ 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
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

チャート

アジェンダ

- $\langle 1, 2, \text{N} \rightarrow \text{dog} . \rangle$
- $\langle 2, 3, \text{V} \rightarrow \text{barked} . \rangle$

アジェンダ

- $\langle 0, 2, \text{NP} \rightarrow \text{det} . \text{N} . \rangle$
- $\langle 2, 3, \text{V} \rightarrow \text{barked} . \rangle$

$\langle \text{NP} \rightarrow \text{Det} . \text{N} \rangle$ と $\langle \text{N} \rightarrow \text{dog} . \rangle$ を結合して $\langle \text{NP} \rightarrow \text{det} . \text{N} . \rangle$ を得る。
 $\langle \text{NP} \rightarrow \text{det} . \text{N} . \rangle$ 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 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha . Y \beta \rangle$ 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 $\langle j, j, Y \rightarrow \gamma . \rangle$ をアジェンダに追加

チャート

アジェンダ

- $\langle 0, 2, \text{NP} \rightarrow \text{det} . \text{N} . \rangle$
- $\langle 2, 3, \text{V} \rightarrow \text{barked} . \rangle$

規則 $Y \rightarrow \gamma$ がいない → 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

- $\langle 0, 2, \text{NP} \rightarrow \text{det} . \text{N} . \rangle$
- $\langle 2, 3, \text{V} \rightarrow \text{barked} . \rangle$

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 $\langle i, j, Y \rightarrow \gamma \cdot \rangle$ のとき、
arcの左にある活性弧 $\langle k, i, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ を探し、結合する
結合してできた新しい弧 $\langle i, k, X \rightarrow \alpha Y \cdot \beta \rangle$ をアジェンダに追加

チャート

アジェンダ

- $\langle 0, 2, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$
- $\langle 2, 3, V \rightarrow \cdot barked \cdot \rangle$

$\langle 0, 0, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$ $\langle 0, 2, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$

$\langle NP \rightarrow Det N \cdot \rangle$ と $\langle S \rightarrow \cdot NP VP \rangle$ を結合して $\langle S \rightarrow NP \cdot VP \rangle$ を得る。
 $\langle S \rightarrow NP \cdot VP \rangle$ 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 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ 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 $\langle j, j, Y \rightarrow \gamma \cdot \rangle$ をアジェンダに追加

チャート

アジェンダ

- $\langle 0, 2, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$
- $\langle 2, 3, V \rightarrow \cdot barked \cdot \rangle$

$\langle 0, 0, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$ $\langle 0, 2, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$

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

- $\langle 0, 2, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$
- $\langle 2, 3, V \rightarrow \cdot barked \cdot \rangle$

$\langle 0, 0, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$ $\langle 0, 2, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$

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

チャート

アジェンダ

- $\langle 2, 3, V \rightarrow \cdot barked \cdot \rangle$

$\langle 0, 0, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$ $\langle 0, 2, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$

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 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ 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 $\langle j, j, Y \rightarrow \gamma \cdot \rangle$ をアジェンダに追加

チャート

アジェンダ

- $\langle 2, 2, VP \rightarrow \cdot V \cdot \rangle$
- $\langle 2, 3, V \rightarrow \cdot barked \cdot \rangle$

$\langle 0, 0, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$ $\langle 0, 2, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$

新しい活性弧 $\langle 2, 2, VP \rightarrow \cdot V \cdot \rangle$ 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)

チャート

アジェンダ

- $\langle 2, 2, VP \rightarrow \cdot V \cdot \rangle$
- $\langle 2, 3, V \rightarrow \cdot barked \cdot \rangle$

$\langle 0, 0, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$ $\langle 0, 2, S \rightarrow \cdot NP \cdot VP \rangle$ $\langle 2, 2, VP \rightarrow \cdot V \cdot \rangle$

The dog barked. 19/27

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
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
チャート

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
 $\langle 2,3,VP \rightarrow V \dots \rangle$
 $\langle 0,2,S \rightarrow NP.VP \dots \rangle$
 $\langle 2,2,VP \rightarrow V \dots \rangle$

アジェンダ
 $\langle 2,3,VP \rightarrow V \dots \rangle$

$\langle VP \rightarrow .V \rangle + \langle V \rightarrow barked \dots \rangle = \langle VP \rightarrow V \dots \rangle$

The dog barked. 20/27

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

アジェンダ
 $\langle 2,3,VP \rightarrow V \dots \rangle$

チャート

アジェンダ
 $\langle 2,3,VP \rightarrow V \dots \rangle$
 $\langle 0,2,S \rightarrow NP.VP \dots \rangle$
 $\langle 2,2,VP \rightarrow V \dots \rangle$

$Y \rightarrow \gamma$ がないので何もしない

The dog barked. 21/27

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)

アジェンダ
 $\langle 2,3,VP \rightarrow V \dots \rangle$

チャート

アジェンダ
 $\langle 2,3,VP \rightarrow V \dots \rangle$
 $\langle 0,2,S \rightarrow NP.VP \dots \rangle$
 $\langle 2,2,VP \rightarrow V \dots \rangle$

The dog barked. 22/27

弧の結合
arcが不活性弧 $\langle i,j,Y \rightarrow \gamma \dots \rangle$ 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

アジェンダ
 $\langle 0,3,S \rightarrow NP VP \dots \rangle$

チャート

アジェンダ
 $\langle 0,3,S \rightarrow NP VP \dots \rangle$
 $\langle 2,3,VP \rightarrow V \dots \rangle$
 $\langle 0,2,S \rightarrow NP.VP \dots \rangle$
 $\langle 2,2,VP \rightarrow V \dots \rangle$

$\langle S \rightarrow NP.VP \rangle$ と $\langle VP \rightarrow V \dots \rangle$ を結合して $\langle S \rightarrow NP VP \dots \rangle$ を得る

The dog barked. 23/27

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

アジェンダ
 $\langle 0,3,S \rightarrow NP VP \dots \rangle$

チャート

アジェンダ
 $\langle 0,3,S \rightarrow NP VP \dots \rangle$
 $\langle 2,3,VP \rightarrow V \dots \rangle$
 $\langle 0,2,S \rightarrow NP.VP \dots \rangle$
 $\langle 2,2,VP \rightarrow V \dots \rangle$

arcは不活性弧なので何もしない

The dog barked. 24/27

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)

アジェンダ
 $\langle 0,3,S \rightarrow NP VP \dots \rangle$

チャート

アジェンダ
 $\langle 0,3,S \rightarrow NP VP \dots \rangle$
 $\langle 2,3,VP \rightarrow V \dots \rangle$
 $\langle 0,2,S \rightarrow NP.VP \dots \rangle$
 $\langle 2,2,VP \rightarrow V \dots \rangle$

The dog barked. 25/27

弧の結合
arcが不活性弧 $\langle i, j, Y \rightarrow \gamma \cdot \rangle$ のとき、
arcの左にある活性弧 $\langle k, i, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ を探し、結合する
結合してできた新しい弧 $\langle i, k, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ 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

チャート

アジェンダ

$\langle k, i, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ がないので何もしない

The dog barked. 26/27

新しい弧の提案
arcが活性弧 $\langle i, j, X \rightarrow \alpha \cdot Y \beta \rangle$ 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 $\langle j, j, Y \rightarrow \gamma \cdot \rangle$ を作ってアジェンダに追加

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

チャート

アジェンダ

Arcは不活性弧なので何もしない

The dog barked. 27/27

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

チャート

アジェンダ

アジェンダになにも無いので処理終了

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

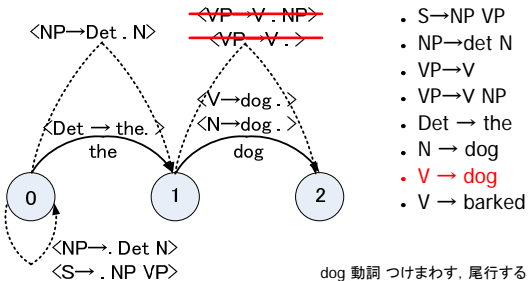
- 任意の文脈自由文法が扱える
 - $A \rightarrow BCD$ も, $A \rightarrow bC$ もOK
- 4種類の方式
 - トップダウンとボトムアップ
 - 縦型探索と横型探索
- 文法の予測能力が使える
 - 無駄な弧を生成しないので効率が良い(トップダウンチャート法)
- 広く使われている

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



- 文法
- S → NP VP
- NP → det N
- VP → V
- VP → V NP
- Det → the
- N → dog
- V → dog
- V → barked

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
- 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)

ダイクストラ法

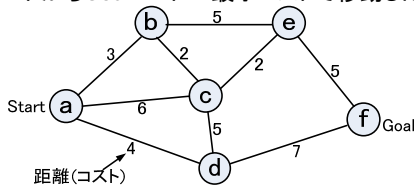
- 動的計画法を最短経路問題に適用
- 最適経路中の部分経路もまた最適経路になっている

身近な最短経路問題

- 道路の経路探索(カーナビなど)

ダイクストラ法(最短経路問題用アルゴリズム)

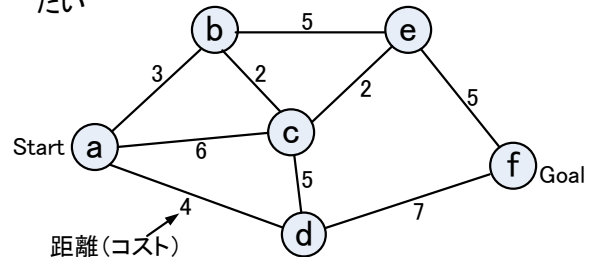
- StartノードからGoalノードへ最小コストで移動したい



- a-e, a-dなどの最短距離をa-fの最短距離を見つけるために利用
- 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

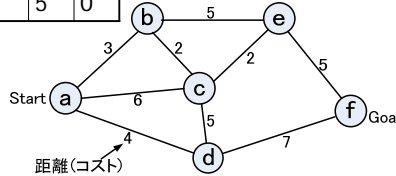
ダイクストラ法(最短経路問題用アルゴリズム)

- StartノードからGoalノードへ最小コストで移動したい

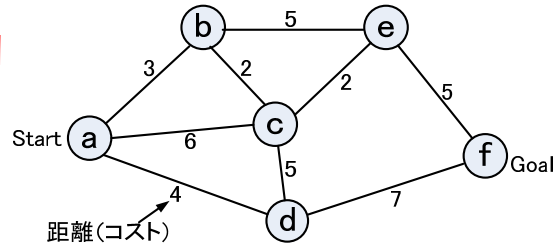


隣接行列(コスト付き)

	a	b	c	d	e	f
a	0	3	6	4	-	-
b	3	0	2	-	5	-
c	6	2	0	5	2	-
d	4	-	5	0	-	7
e	-	5	2	-	0	5
f	-	-	-	7	5	0

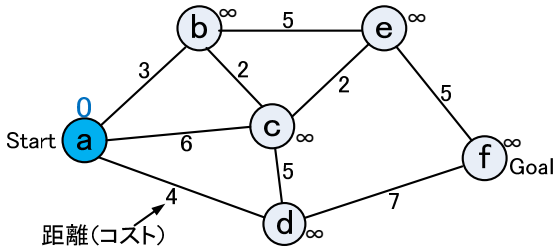


ダイクストラ法 動作例 1/13



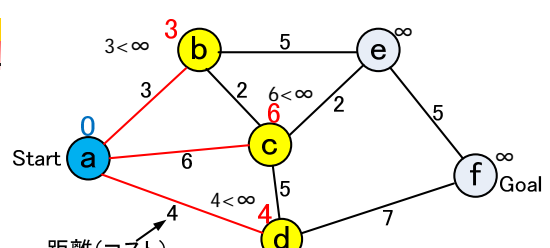
- Startからの最短経路が確定していないノード
- Startからの最短経路を確定中のノード
- Startからの最短経路が確定したノード
- 7 Startからの最短距離候補(未確定) — 確定済ノードからのアーク
- 7 Startからの最短距離(確定済) 次期確定ノード決定に使用

ダイクストラ法 動作例 2/13



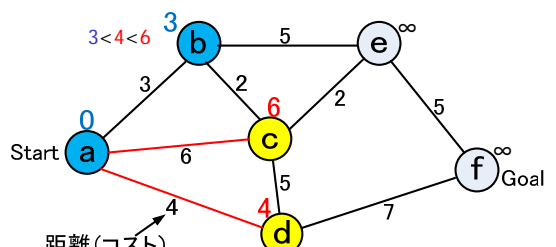
- Startからの最短経路が確定していないノード
- Startからの最短経路を確定中のノード
- Startからの最短経路が確定したノード
- 7 Startからの最短距離候補(未確定) — 確定済ノードからのアーク
- 7 Startからの最短距離(確定済) 次期確定ノード決定に使用

ダイクストラ法 動作例 3/13



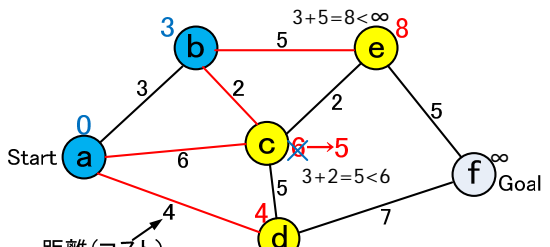
- Startからの最短経路が確定していないノード
- Startからの最短経路を確定中のノード
- Startからの最短経路が確定したノード
- 7 Startからの最短距離候補(未確定) — 確定済ノードからのアーク
- 7 Startからの最短距離(確定済) 次期確定ノード決定に使用

ダイクストラ法 動作例 4/13



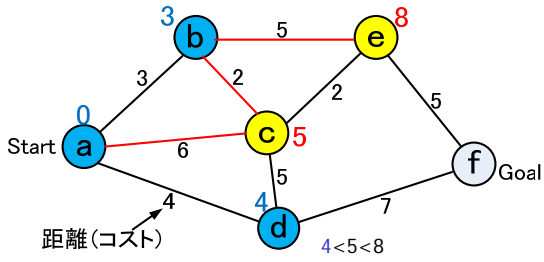
- Startからの最短経路が確定していないノード
- Startからの最短経路を確定中のノード
- Startからの最短経路が確定したノード
- 7 Startからの最短距離候補(未確定) — 確定済ノードからのアーク
- 7 Startからの最短距離(確定済) 次期確定ノード決定に使用

ダイクストラ法 動作例 5/13



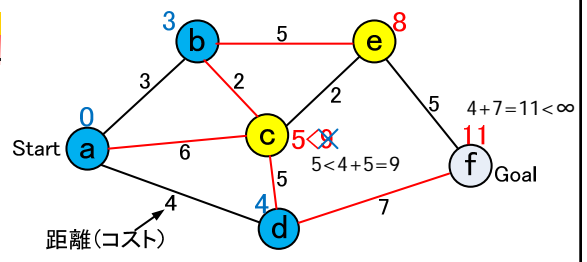
- Startからの最短経路が確定していないノード
- Startからの最短経路を確定中のノード
- Startからの最短経路が確定したノード
- 7 Startからの最短距離候補(未確定) — 確定済ノードからのアーク
- 7 Startからの最短距離(確定済) 次期確定ノード決定に使用

ダイクストラ法 動作例 6/13



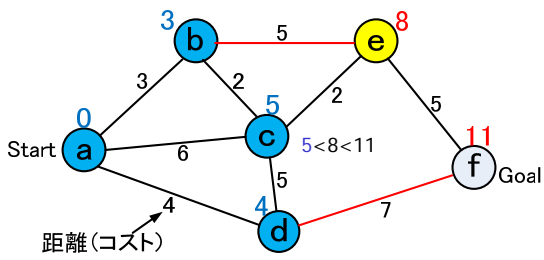
- Startからの最短経路が確定していないノード
- Startからの最短経路を確定中のノード
- Startからの最短経路が確定したノード
- 7 Startからの最短距離候補(未確定) — 確定済ノードからのアーク
- 7 Startからの最短距離(確定済) — 次期確定ノード決定に使用

ダイクストラ法 動作例 7/13



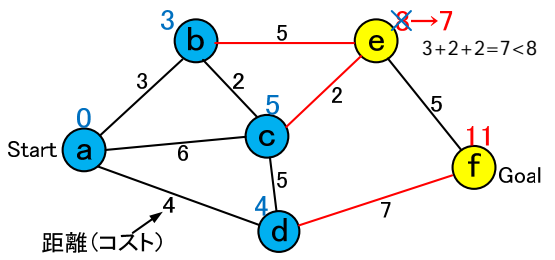
- Startからの最短経路が確定していないノード
- Startからの最短経路を確定中のノード
- Startからの最短経路が確定したノード
- 7 Startからの最短距離候補(未確定) — 確定済ノードからのアーク
- 7 Startからの最短距離(確定済) — 次期確定ノード決定に使用

ダイクストラ法 動作例 8/13



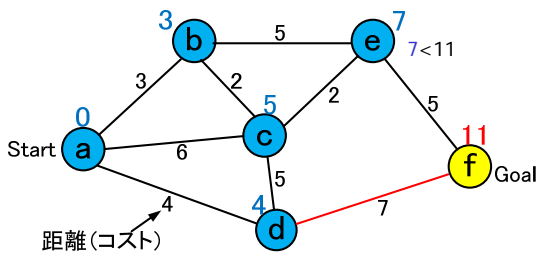
- Startからの最短経路が確定していないノード
- Startからの最短経路を確定中のノード
- Startからの最短経路が確定したノード
- 7 Startからの最短距離候補(未確定) — 確定済ノードからのアーク
- 7 Startからの最短距離(確定済) — 次期確定ノード決定に使用

ダイクストラ法 動作例 9/13



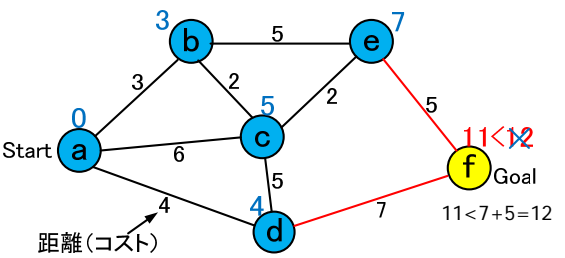
- Startからの最短経路が確定していないノード
- Startからの最短経路を確定中のノード
- Startからの最短経路が確定したノード
- 7 Startからの最短距離候補(未確定) — 確定済ノードからのアーク
- 7 Startからの最短距離(確定済) — 次期確定ノード決定に使用

ダイクストラ法 動作例 10/13



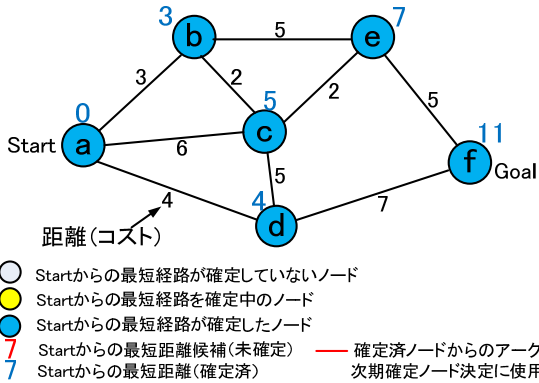
- Startからの最短経路が確定していないノード
- Startからの最短経路を確定中のノード
- Startからの最短経路が確定したノード
- 7 Startからの最短距離候補(未確定) — 確定済ノードからのアーク
- 7 Startからの最短距離(確定済) — 次期確定ノード決定に使用

ダイクストラ法 動作例 11/13

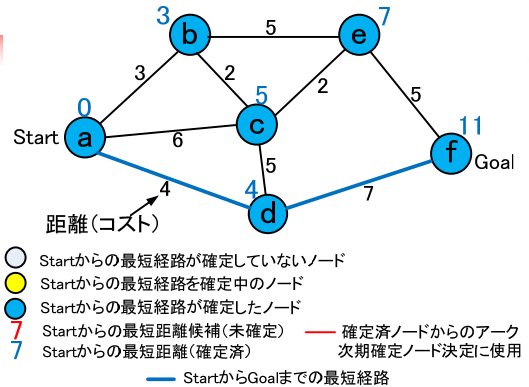


- Startからの最短経路が確定していないノード
- Startからの最短経路を確定中のノード
- Startからの最短経路が確定したノード
- 7 Startからの最短距離候補(未確定) — 確定済ノードからのアーク
- 7 Startからの最短距離(確定済) — 次期確定ノード決定に使用

ダイクストラ法 動作例 12/13



ダイクストラ法 動作例 13/13



ダイクストラ法 アルゴリズム

1. 初期化: スタートノードの値(最小コスト候補)を0, 他のノードの値を無限大に設定
2. 未確定ノードが無くなるまで以下のループを繰り返す.
 1. 確定中ノードのうち, 最小の値を持つノードを見つけ, 確定ノードとする.
 2. 確定ノードからのエッジに対して「確定ノードまでのコスト+エッジのコスト」を計算し, そのノードの現在値よりも小さければ更新.

ダイクストラ法の特徴

- 最短経路の見つけ方
 - ゴールノードから「どこから来たのか」調べ, さかのぼる(距離更新時に直前のノードを記述しておく).
- マイナスのコストを持つエッジは扱えない.
- 特定のノードからの最短距離およびその経路が全てのノードに対して求まる.

DPマッチング

(例: 文字列の照合)

- 2つの文字列がどのくらい似ているかを調べる.
 - Yamanashi は kamonohashiとtakahashi
- 音声認識にも使える
 - 音声を文字列に変換した後, 登録単語と比較
 - (現在主流の)HMM(Hidden Markov Model)に拡張可能
- DNAの比較にも使える
 - A(アデニン), G(グアニン), C(シトシン), T(チミン)の並び方の比較
 - ACTGAGCATTとCTGGACTACGの比較