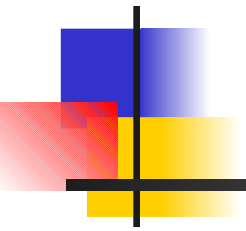


アルゴリズムとデータ構造III
3回目：10月25日

構文解析　CKY法

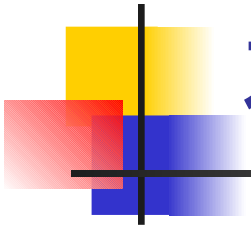
授業資料　http://ir.cs.yamanashi.ac.jp/~ysuzuki/algorithm3/index.html

授業の予定(中間試験まで)

- スタック（後置記法で書かれた式の計算）
- 文脈自由文法
- 構文解析　CKY法
- 構文解析　チャート法，LR法
- グラフ(ダイクストラ法，動的計画法，DPマッチング)
- グラフ(ビームサーチ，A*アルゴリズム)
- グラフ(トライ構造，トライサーチ)
- 中間試験

授業の予定(中間試験以降)

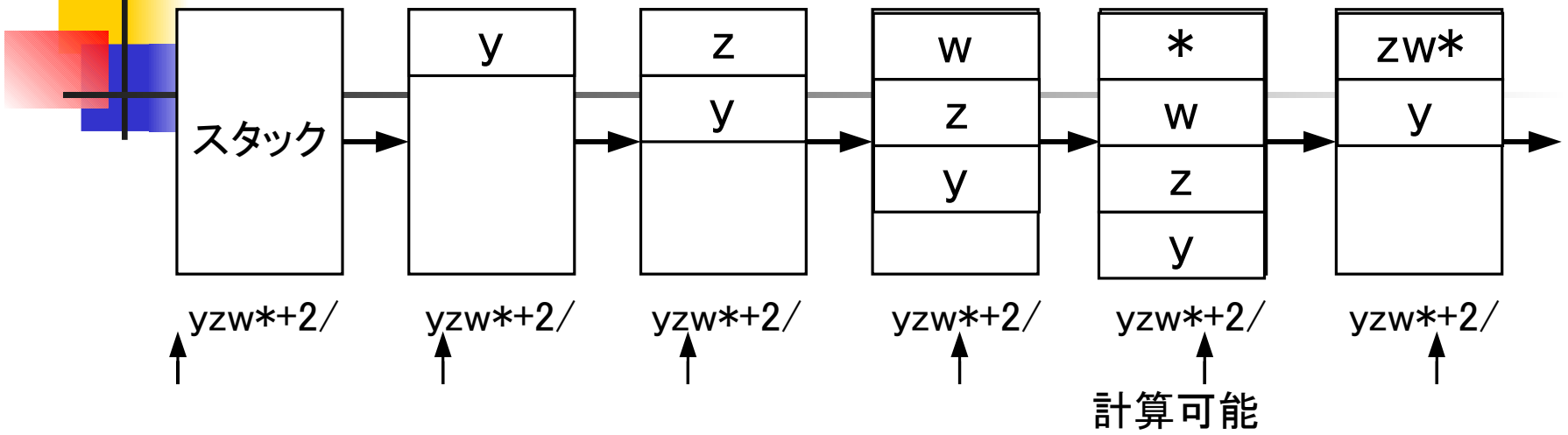
1. 全文検索アルゴリズム(simple search, KMP, BM)
2. 全文検索アルゴリズム(Aho-Corasick)
3. テキスト圧縮　暗号　(例:モールス信号，黄金虫，踊る人形，ハフマン符号，Zipfの法則)
4. テキスト圧縮　zip
5. 音声圧縮　ADPCM，MP3
6. 音声圧縮(CELP)，画像圧縮(JPEG)
7. 期末試験

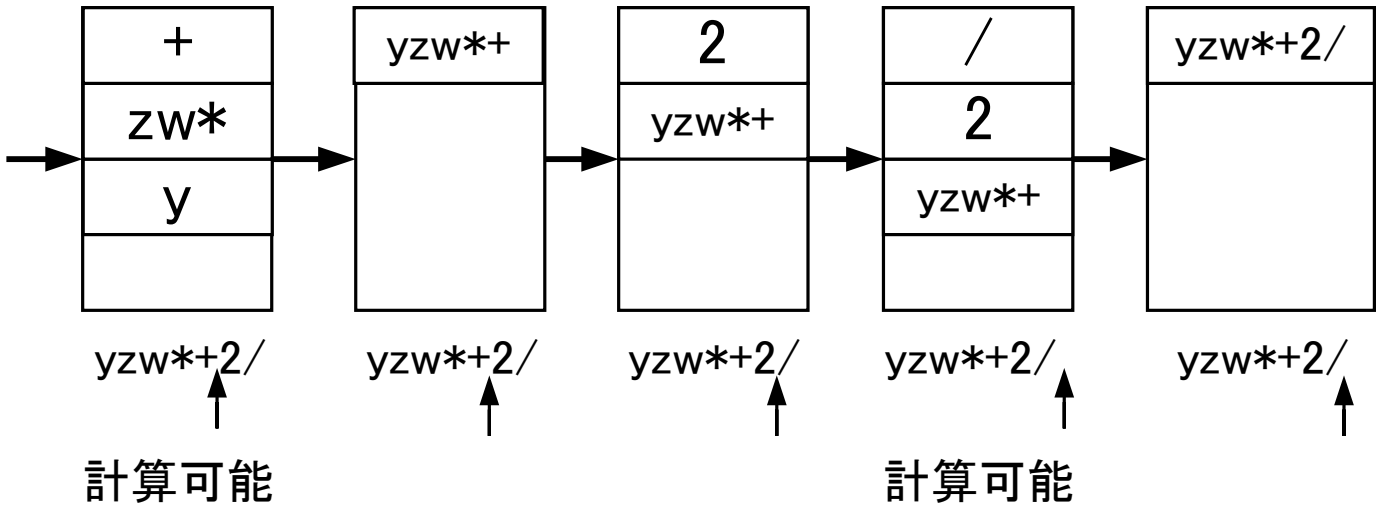


本日のメニュー

- スタック（復習）
  - Z80シミュレータの動作
- 構文解析
  - 構文木（急いで走る一郎を見た）
- CKY法
  - CKYアルゴリズム
  - 解析例（急いで走る一郎を見た）
  - 練習問題（I eat pizza with Nana.）

1回目の授業の練習問題2の解答 yzw*+2/の計算方法（スタックの変化）





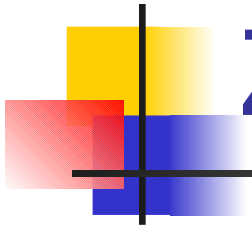
７２３＋ －を計算してみよう（アセンブリ言語でプログラミング）

数式(７２３＋ －)をメモリ(データ領域)に書き込まれている

3. データ領域から1文字読み込む
    1. 数字(アスキーコード:30H～39H)なら
        - 数値に変換し，数値をスタックにプッシュ
    2. 演算子なら
        1. 一旦スタックにプッシュし，ポップする.
        2. スタックからポップし，数値をBレジスタに取り込む
        3. スタックからポップし，数値をAレジスタ(アキュムレータ)に取り込む
        4. 演算子が＋なら
            - A ＋ B を計算し，Aレジスタに計算結果を格納
        5. 演算子が－なら
            - A －B を計算し，Aレジスタに計算結果を格納
        6. Aレジスタの内容をスタックにプッシュ
4. データ領域すべてを読み終えるまで続ける.

簡単な計算の例　７２３＋ －

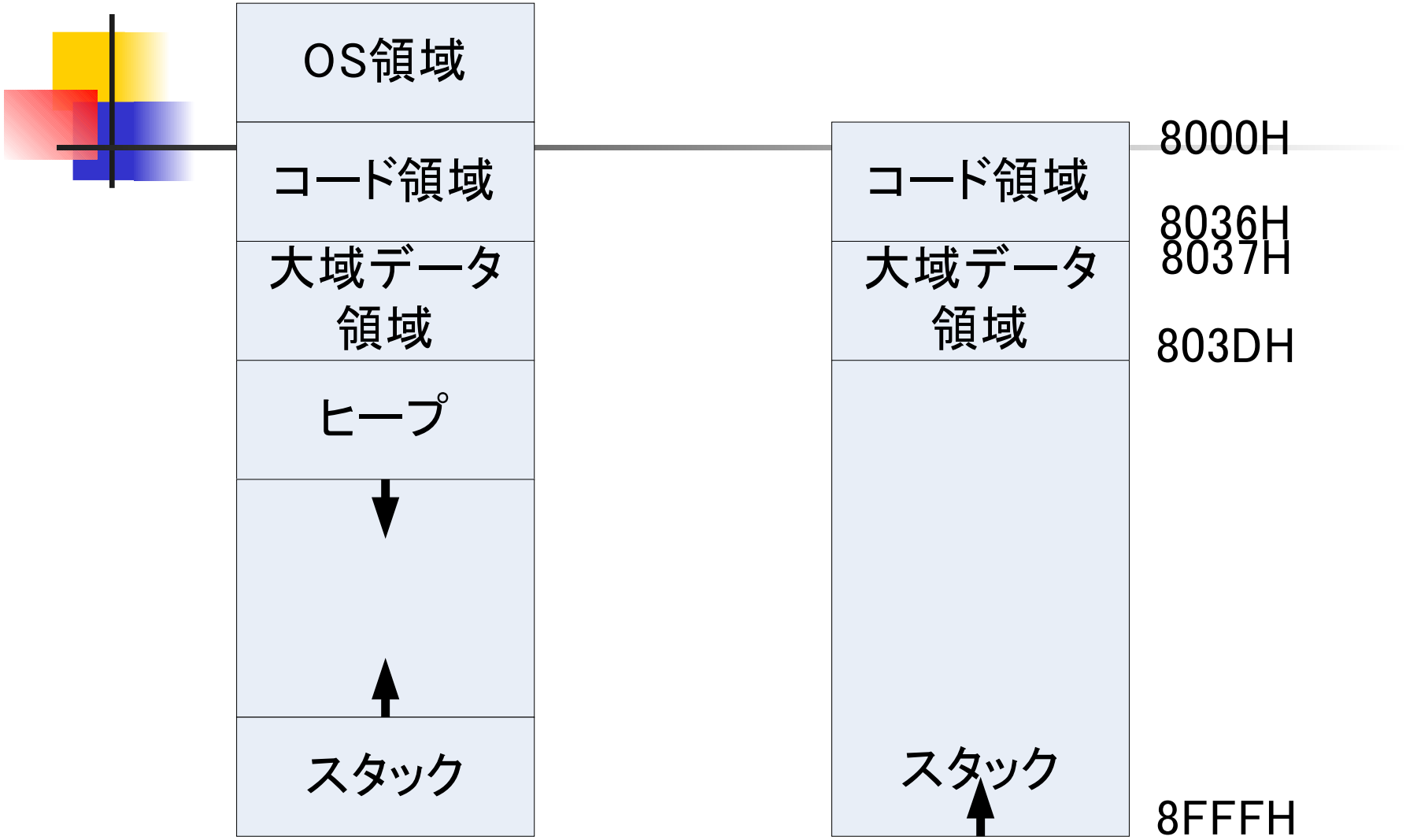
```
; 後置記法　７２３＋－の計算
        ORG 8000H ;
        LD HL, DATA ; 数式の先頭番地を指定
LOOP:   LD A, (HL)
        CP 00H
        JP Z, OWARI ; 数式を全部読み込んだら終わ
り
        LD E, (HL)
        LD D, 0H
        LD A, (HL)
        INC HL
        CP 2BH
        JP Z, LOOPA ; ＋なら加算処理へ
        CP 2DH
        JP Z, LOOPS ; －なら減算処理へ
        LD A, E
        SUB 30H ; 数字なら数値に変換
; Aレジスタの内容をスタックへプッシュ
STPUSH: LD E, A
        LD D, 0H
        PUSH DE ; 読み込んだ数値をスタックへプッシ
ュ
        JP LOOP ; つぎの文字読み込みへ
;加算
LOOPA:  PUSH DE ; 演算子をスタックへプッシュ
        POP DE ; 演算子をスタックからポップ
        POP DE ; 数値をスタックからポップ
        LD B, E ; スタックトップの値をBレジスタへ
        POP DE ; 数値をスタックからポップ
        LD A, E ; スタックトップの値をAレジスタへ
        ADD A, B ; 加算( A <= A + B )
        JP STPUSH
; 減算
LOOPS:  PUSH DE ; 演算子をスタックへプッシュ
        POP DE ; 演算子をスタックからポップ
        POP DE ; 数値をスタックからポップ
        LD B, E ; スタックトップの値をBレジスタへ
        POP DE ; 数値をスタックからポップ
        LD A, E ; スタックトップの値をAレジスタへ
        SUB B ; 減算( A <= A - B )
        JP STPUSH
;
OWARI: HALT
;入力データ
DATA:   DEFB 37H ;7
        DEFB 32H ;2
        DEFB 33H ;3
        DEFB 2BH ;+
        DEFB 2DH ;-
        DEFB 00H ;END
END
```



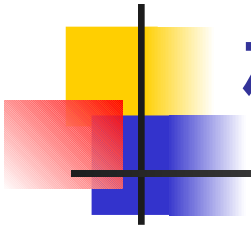
Z80 シミュレータ

- Z80シミュレータ for Win32
  - http://www.game3rd.com/soft/z80edit/index.htm

（スタックを含めた）メモリの様子



メモリ領域の配置例　　Z80シミュレータ

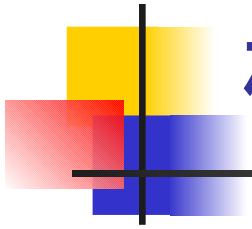


構文解析　CKY法

- 先週勉強した文脈自由文法により，文から自動的に構文木を生成する.

構文解析とは(Wikipediaより)

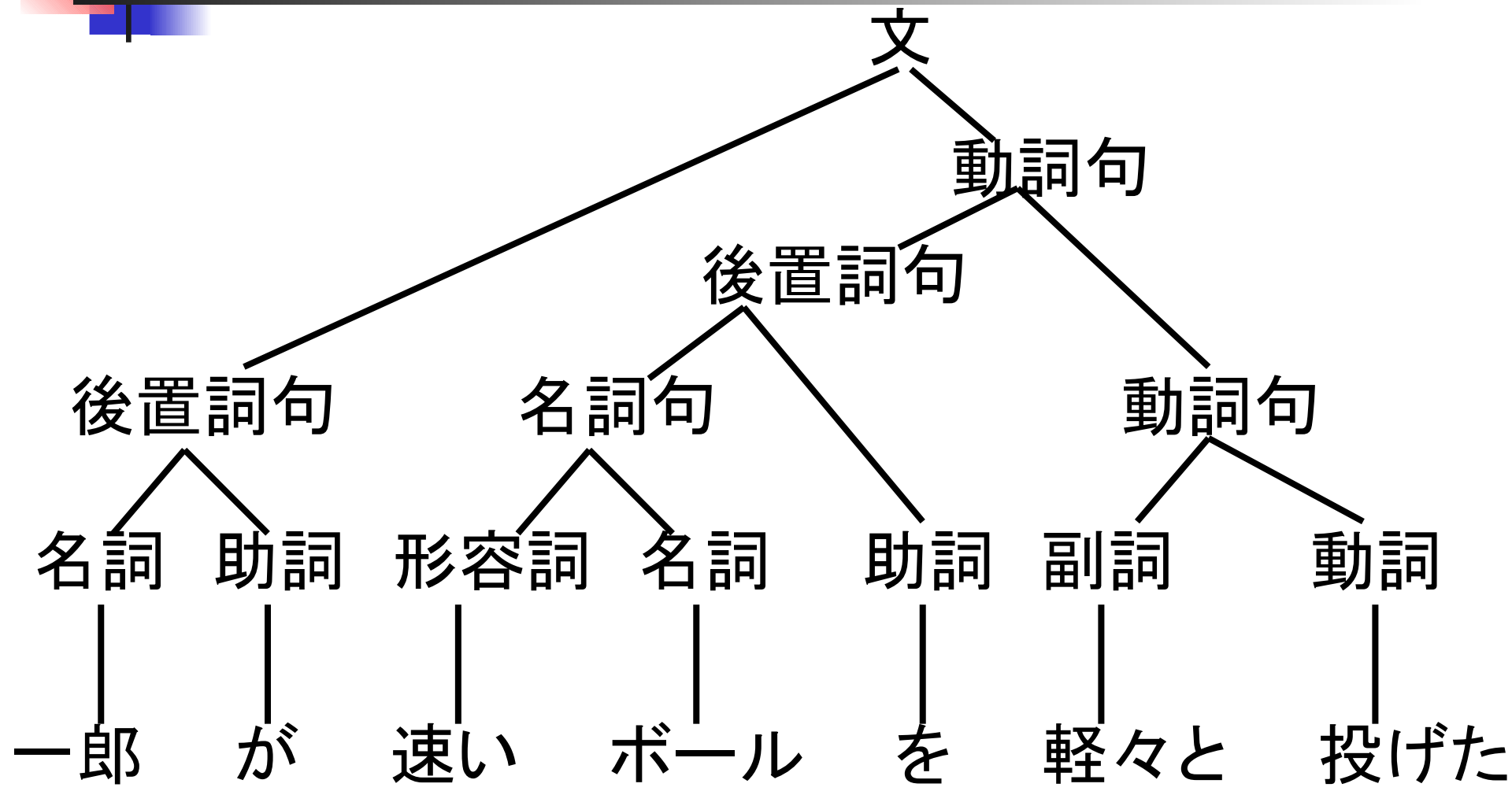
- ある文章の文法的な関係を説明すること(*parse*)。計算機科学の世界では、構文解析は字句解析(*Lexical Analysis*)とともに、おもにプログラミング言語などの形式言語の解析に使用される。また、自然言語処理に応用されることもある。
- コンパイラにおいて構文解析を行う機構を**構文解析器**(Parser)と呼ぶ。
- 構文解析は入力テキストを通常、木構造のデータ構造に変換し、その後の処理に適した形にする。字句解析によって入力文字列から字句を取り出し、それらを構文解析器の入力として、構文木や抽象構文木のようなデータ構造を生成する。



構文解析

- 入力文（記号列）が与えられたとき，文法によってその文を解析し，その構造を明らかにする
- 代表的な構文解析アルゴリズム
  - CKY法
  - チャート法
  - アーリー法
  - LR法

構文木
（一郎が速いボールを軽々と投げた）



CKY（Cocke-Kasami-Younger）法

- ボトムアップアルゴリズム
- 扱える文法
  - チョムスキーの標準形
    - A→BC
    - A→a
- CKY表
  - 構文解析の途中経過を保持するための表

CKYアルゴリズム

- チョムスキーの標準形の文脈自由文法を対象とした構文解析法
- チョムスキーの標準形
  - $A \rightarrow BC$ （$A,B,C \in Vn$)
  - $A \rightarrow a$ ($A \in Vn$, $a \in Vt$）

X→aBはチョムスキーの標準形ではないが
　X→AB, A→aに分解できる
X→ABCはチョムスキーの標準形ではないが
　X→AY, Y→BCに分解できる

チョムスキーの標準形の例「急いで走る一郎を見る」

A→BC型

- (1) s→pp v
- (2) s→adv vp
- (3) vp→pp v
- (4) vp→adv v
- (5) np→vp n
- (6) np→v n
- (7) pp→np p
- (8) pp→n p

A→a型

- (9) adv→急いで
- (10) n→一郎
- (11) p→を
- (12) v→走る
- (13) v→見る

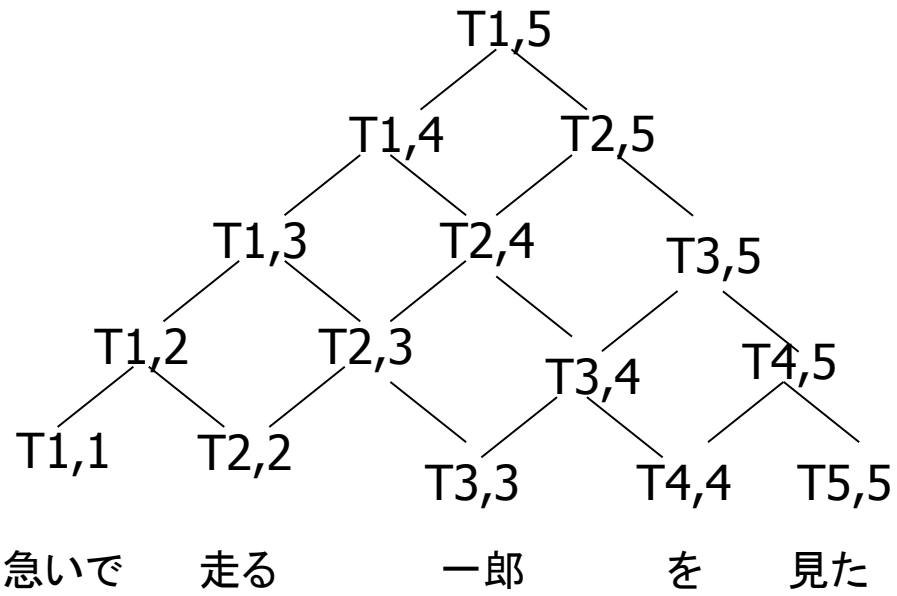
CKY構文解析の概要

T2,5: 走る一郎を見た

T2,2: 走る| T3,5: 一郎を見た
T2,3: 走る一郎| T4,5 を見た
T2,4: 走る一郎を| T5,5 見た

1. 急いで 2. 走る 3. 一郎 4. を 5. 見た

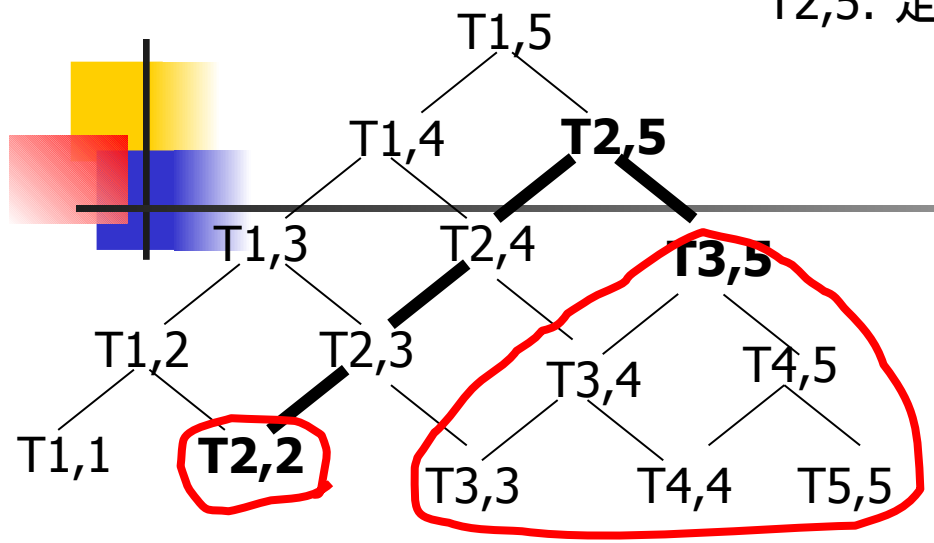
	1. 急いで	2. 走る	3. 一郎	4. を	5. 見た
1. 急いで					
2. 走る		T2,2	T2,3	T2,4	T2,5
3. 一郎					T3,5
4. を					T4,5
5. 見た					T5,5



CKY表は構文木を表している

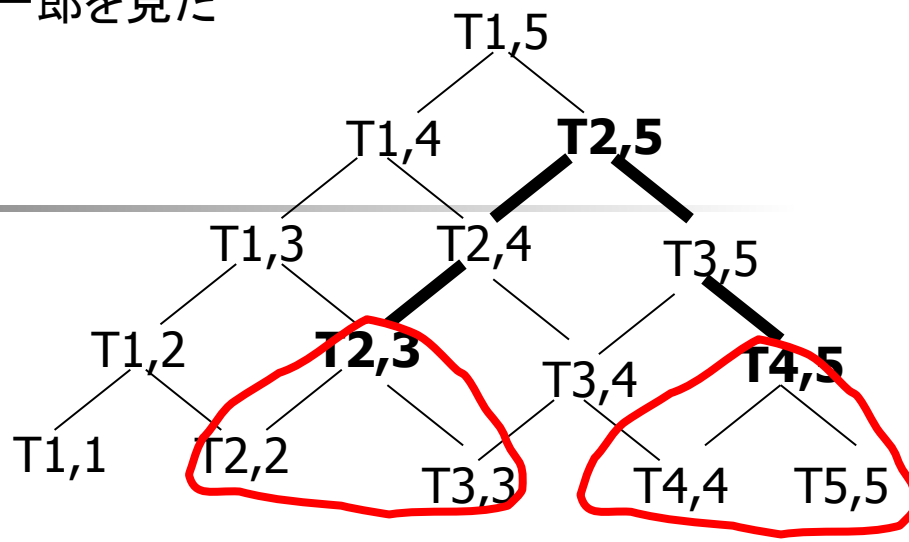
T2,5までの部分木

T2,5: 走る一郎を見た



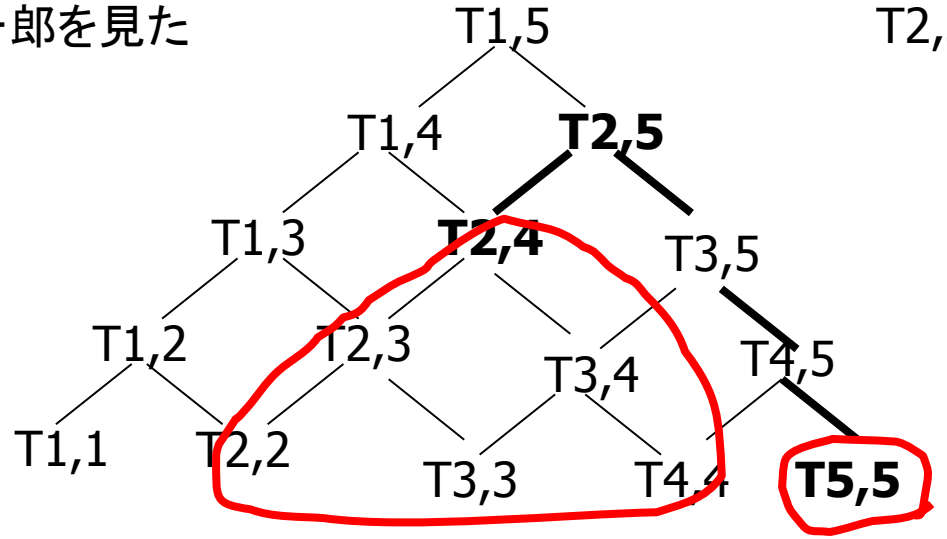
急いで 走る 一郎 を 見た

T2,2: 走る| T3,5: 一郎を見た



急いで 走る 一郎 を 見た

T2,3: 走る一郎| T4,5 を見た



急いで 走る 一郎 を 見た

T2,4: 走る一郎を| T5,5 見た

CKYアルゴリズム

1. $A \rightarrow a$の生成規則を用いて，主対角線上の要素を計算

$for\ i = 1\ to\ N$

$T_{i,j} = \{A \mid A \rightarrow w_i\}$

2. $A \rightarrow BC$の生成規則を用いて,2番目以降の対角線上の要素を計算

$for\ n = 1\ to\ N - 1$

$for\ i = 1\ to\ N - n$

$$T_{i,i+n} = \bigcup_{j=1}^{n} \{A \mid A \rightarrow BC,\ \ B \in T_{i,i+j-1},\ \ C \in T_{i+j,i+n}\}$$

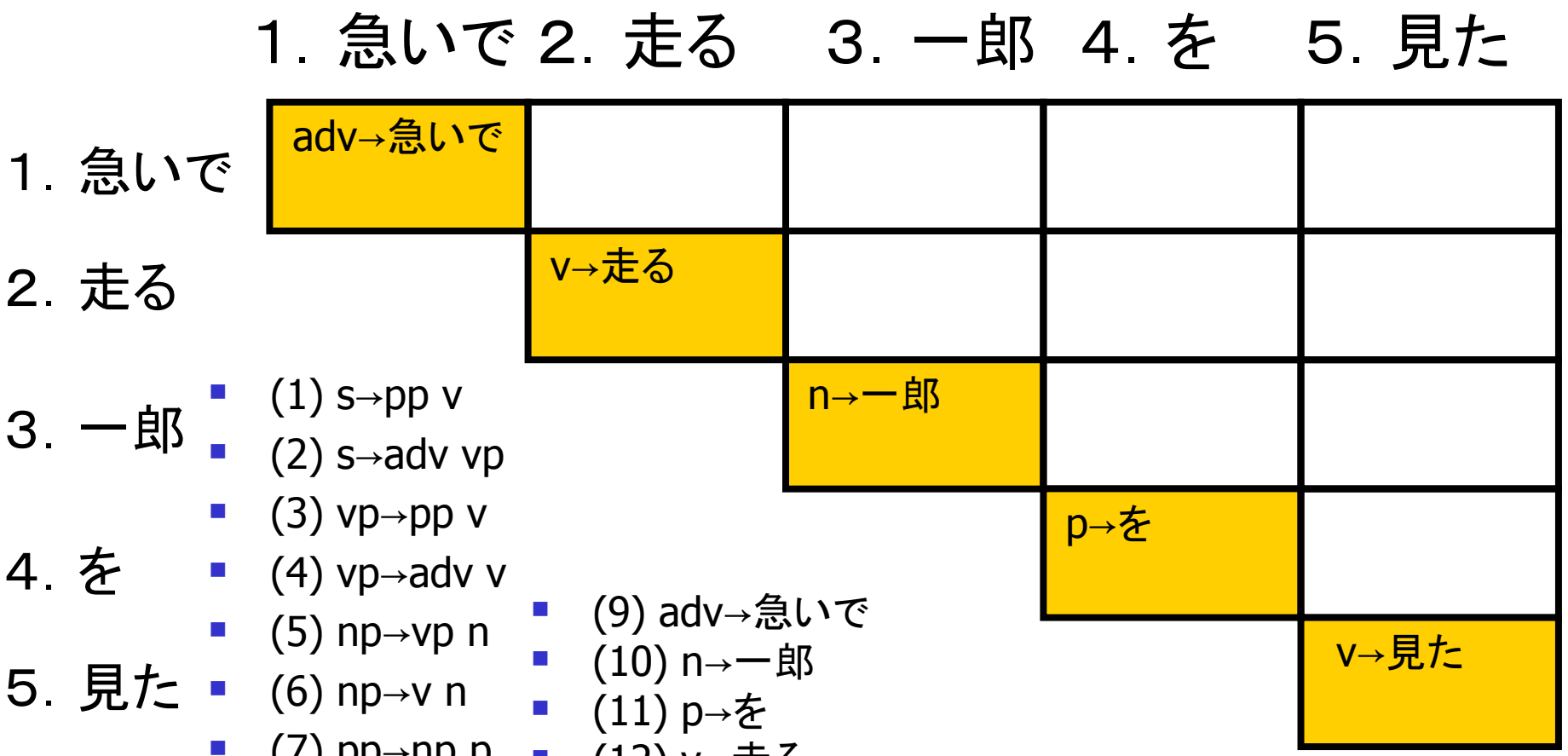
3. $S \in T_{1,N}$であれば，$w_1 \cdots w_N$は開始記号Sから導出可能

CKY構文解析表(完成)

	1. 急いで	2. 走る	3. 一郎	4. を	5. 見た
1. 急いで	adv→急いで	vp→adv v	np→vp n	pp→np p	vp→pp v s→pp v s→adv vp
2. 走る		v→走る	np→v n	pp→np p	vp→pp v s→pp v
3. 一郎			n→一郎	pp→n p	vp→pp v s→pp v
4. を				p→を	
5. 見た					v→見た

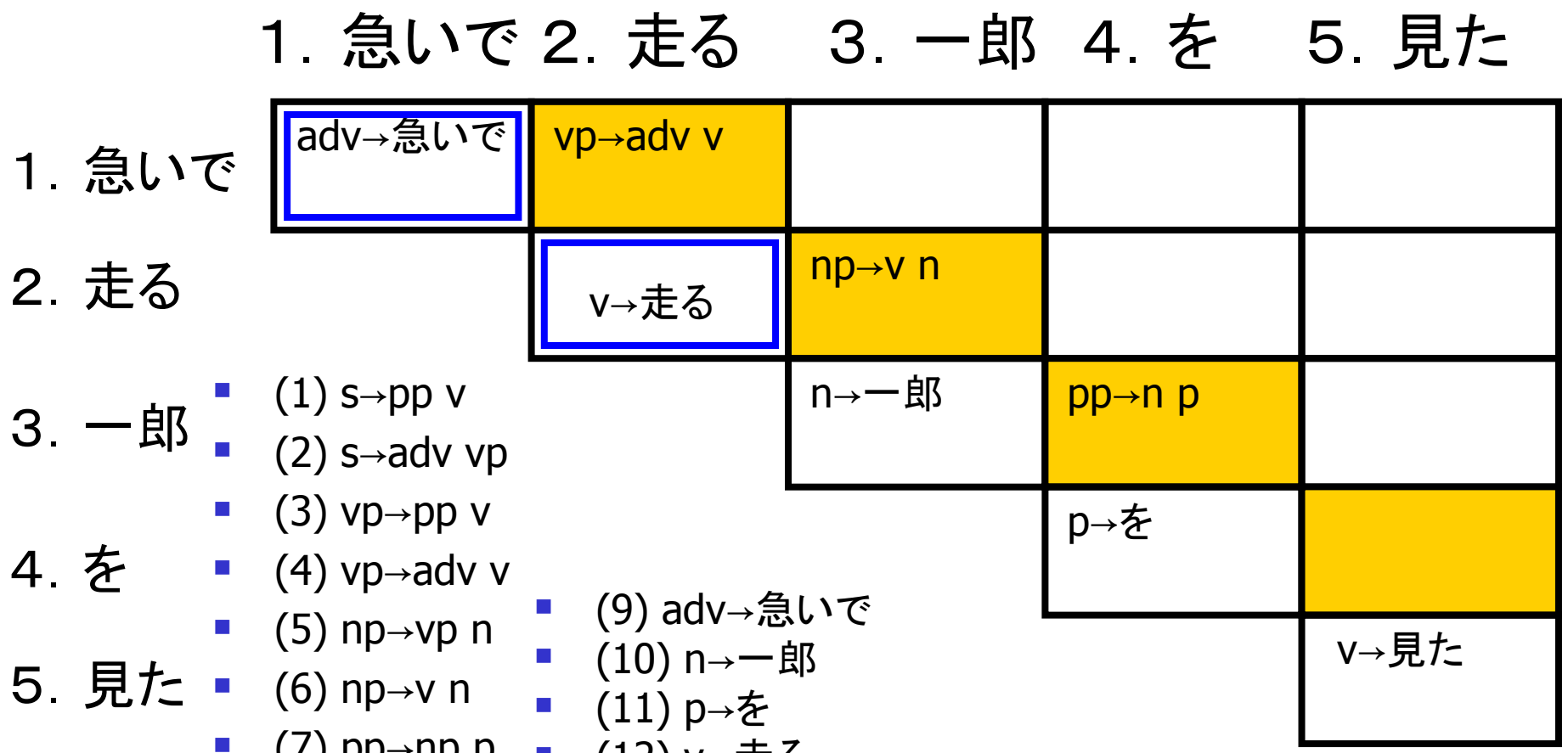
- (1) s→pp v
- (2) s→adv vp
- (3) vp→pp v
- (4) vp→adv v
- (5) np→vp n
- (6) np→v n
- (7) pp→np p
- (8) pp→n p
- (9) adv→急いで
- (10) n→一郎
- (11) p→を
- (12) v→走る
- (13) v→見る

CKY構文解析表(1/5)



- (1) s→pp v
- (2) s→adv vp
- (3) vp→pp v
- (4) vp→adv v
- (5) np→vp n
- (6) np→v n
- (7) pp→np p
- (8) pp→n p
- (9) adv→急いで
- (10) n→一郎
- (11) p→を
- (12) v→走る
- (13) v→見る

CKY構文解析表(2/5)



- (1) s→pp v
- (2) s→adv vp
- (3) vp→pp v
- (4) vp→adv v
- (5) np→vp n
- (6) np→v n
- (7) pp→np p
- (8) pp→n p
- (9) adv→急いで
- (10) n→一郎
- (11) p→を
- (12) v→走る
- (13) v→見る

CKY構文解析表(3/5)

	1. 急いで	2. 走る	3. 一郎	4. を	5. 見た
1. 急いで	adv→急いで	vp→adv v	np→vp n		
2. 走る		v→走る	np→v n	pp→np p	
3. 一郎			n→一郎	pp→n p	vp→pp v s→pp v
4. を				p→を	
5. 見た					v→見た

- (1) s→pp v
- (2) s→adv vp
- (3) vp→pp v
- (4) vp→adv v
- (5) np→vp n
- (6) np→v n
- (7) pp→np p
- (8) pp→n p
- (9) adv→急いで
- (10) n→一郎
- (11) p→を
- (12) v→走る
- (13) v→見る

CKY構文解析表(4/5)

	1. 急いで	2. 走る	3. 一郎	4. を	5. 見た
1. 急いで	adv→急いで	vp→adv v	np→vp n	pp→np p	
2. 走る		v→走る	np→v n	pp→np p	vp→pp v s→pp v
3. 一郎			n→一郎	pp→n p	vp→pp v s→pp v
4. を				p→を	
5. 見た					v→見た

- (1) s→pp v
- (2) s→adv vp
- (3) vp→pp v
- (4) vp→adv v
- (5) np→vp n
- (6) np→v n
- (7) pp→np p
- (8) pp→n p
- (9) adv→急いで
- (10) n→一郎
- (11) p→を
- (12) v→走る
- (13) v→見る

CKY構文解析表(5/5)

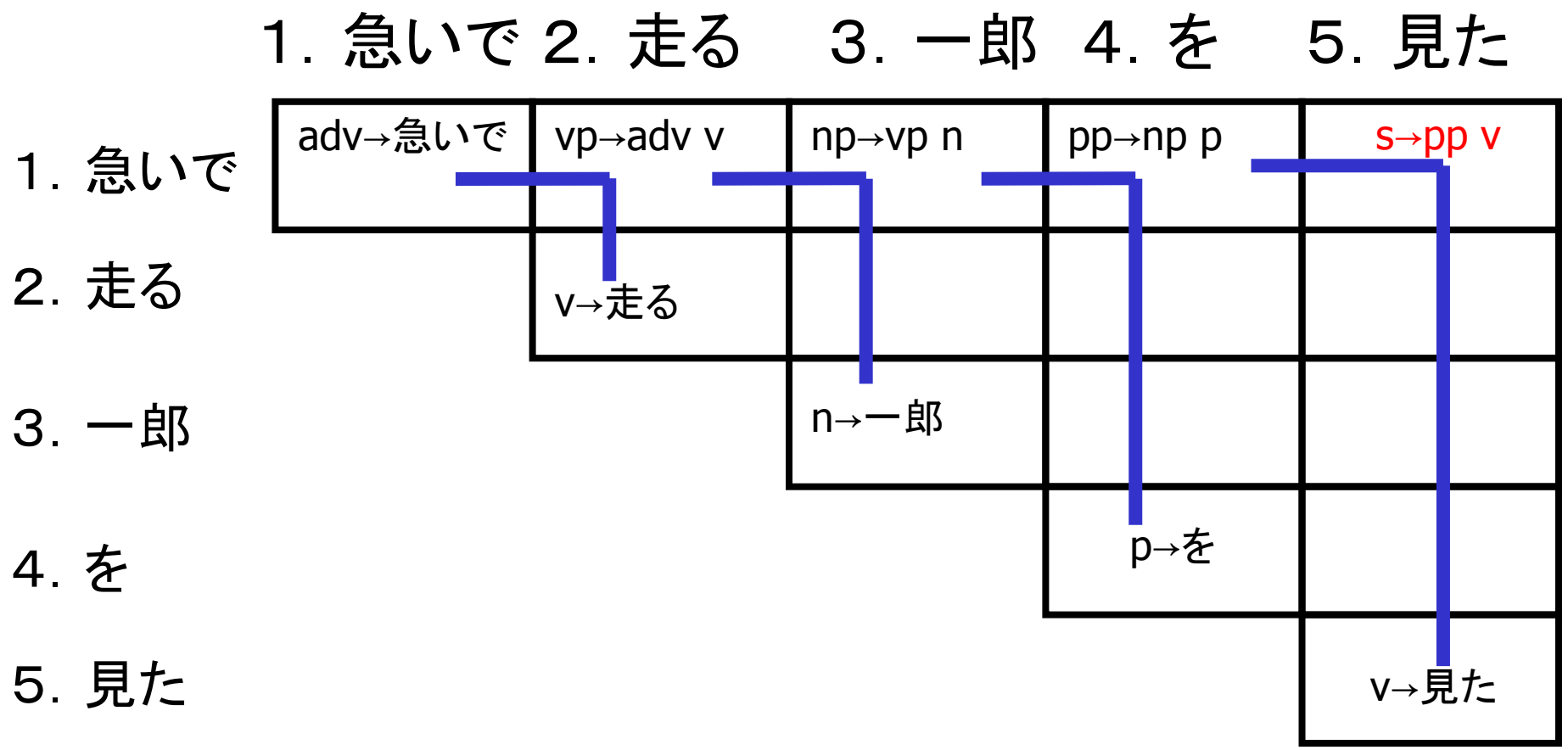
	1. 急いで	2. 走る	3. 一郎	4. を	5. 見た
1. 急いで	adv→急いで	vp→adv v	np→vp n	pp→np p	vp→pp v s→pp v s→adv vp
2. 走る		v→走る	np→v n	pp→np p	vp→pp v s→pp v
3. 一郎			n→一郎	pp→n p	vp→pp v s→pp v
4. を				p→を	
5. 見た					v→見た

- (1) s→pp v
- (2) s→adv vp
- (3) vp→pp v
- (4) vp→adv v
- (5) np→vp n
- (6) np→v n
- (7) pp→np p
- (8) pp→n p
- (9) adv→急いで
- (10) n→一郎
- (11) p→を
- (12) v→走る
- (13) v→見る

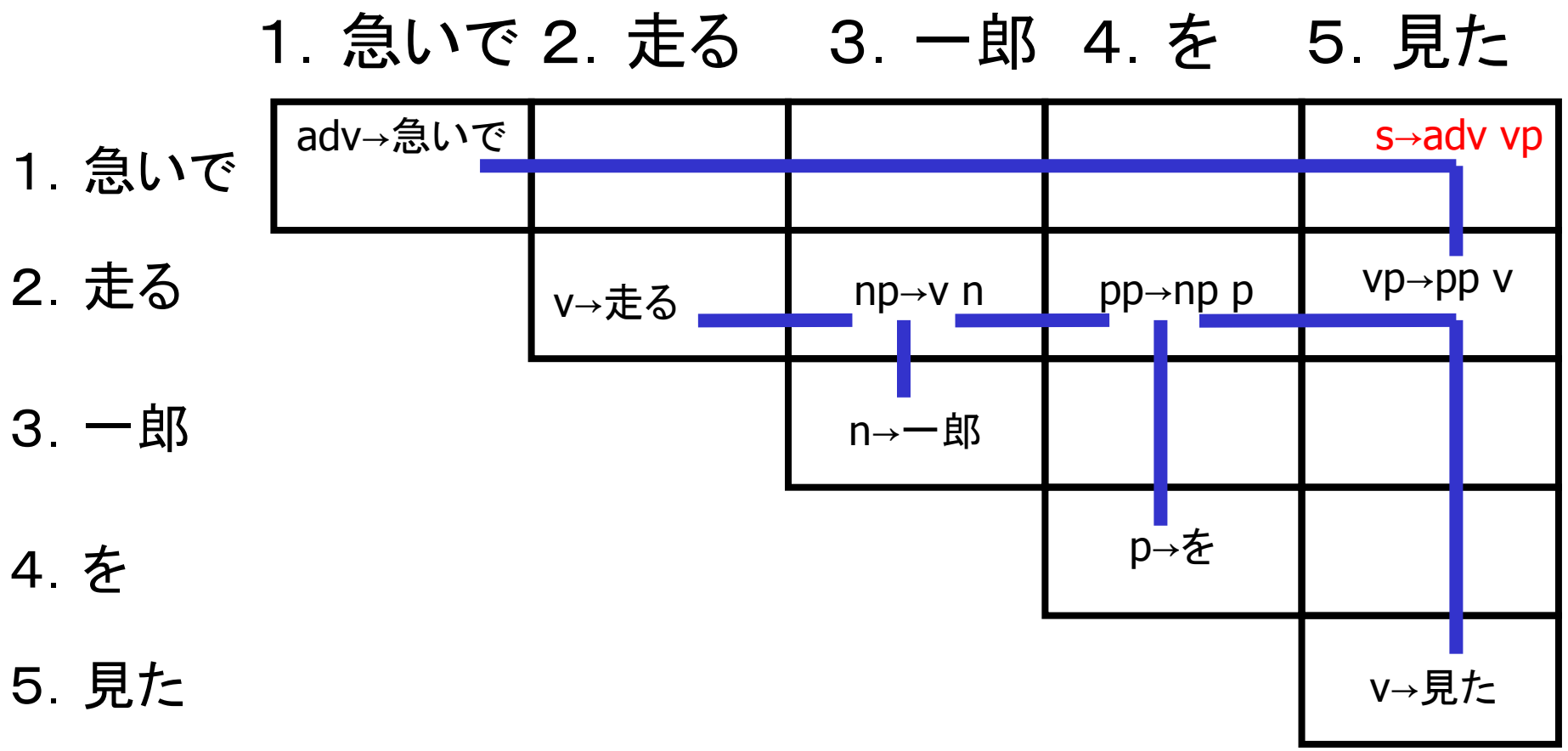
CKY構文解析表(完成！）

	1. 急いで	2. 走る	3. 一郎	4. を	5. 見た
1. 急いで	adv→急いで	vp→adv v	np→vp n	pp→np p	vp→pp v s→pp v s→adv vp
2. 走る		v→走る	np→v n	pp→np p	vp→pp v s→pp v
3. 一郎			n→一郎	pp→n p	vp→pp v s→pp v
4. を				p→を	
5. 見た					v→見た

CKY構文解析表 → 構文木（s→pp v の構文木）



CKY構文解析表 → 構文木（s→adv vp の構文木）



文脈自由文法に基づく構文木