



人工知能特論II

第5回

二宮 崇

# 今日の講義の予定

CCG (COMBINATORY  
CATEGORIAL GRAMMAR)  
組合せ範疇文法



# 講義内容

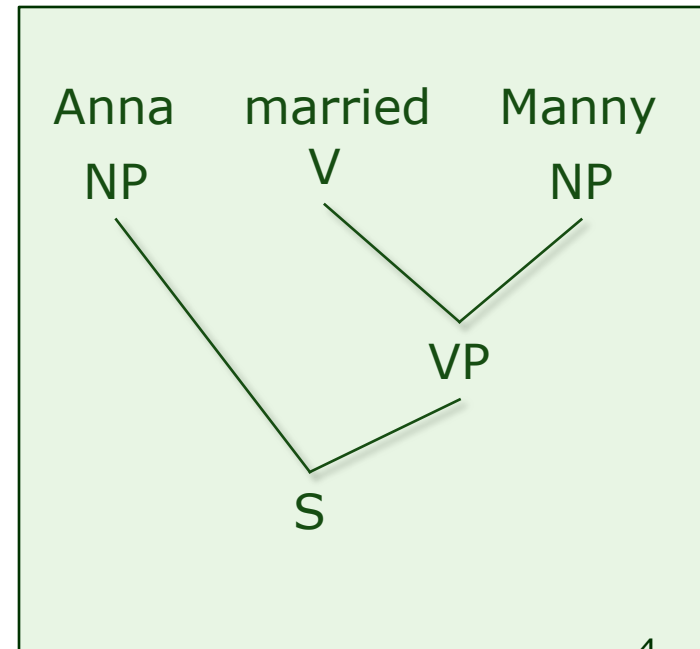
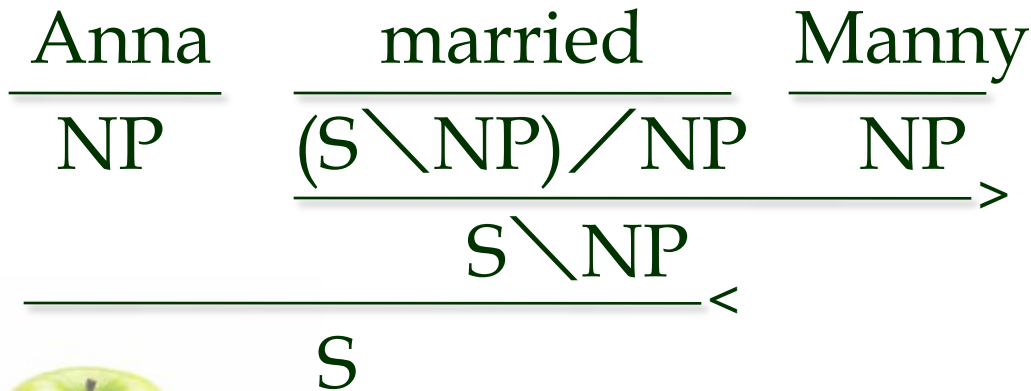
- 前回までの内容
  - “pure” CCG
  - Bluebird
- 今回の内容
  - Thrush
  - Starling
  - 擬似的曖昧性
  - CCGのすごいところ



# 前回説明したCCG

## “pure” categorial grammar

- 関数適用規則 (functional application rules)
  - $X/Y \quad Y \Rightarrow X \quad (>)$
  - $Y \quad X \backslash Y \Rightarrow X \quad (<)$
- 例



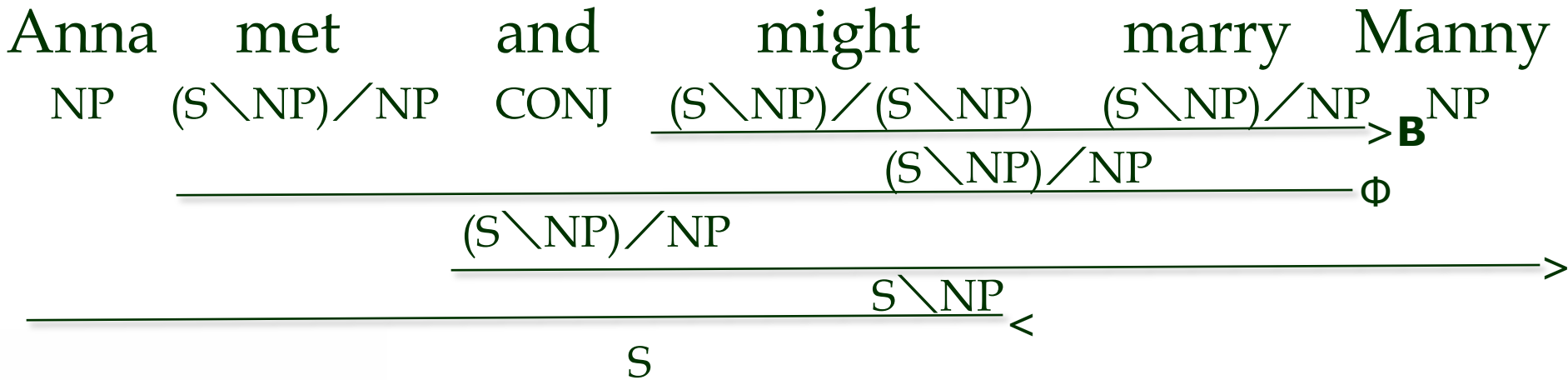
# The Bluebird



- 合成規則 (composition rule)

- $X/Y \ Y/Z \Rightarrow X/Z \quad (>B)$

- 例



# Bluebirdの意味論

- 合成規則 (composition rule)

$$X/Y: f \quad Y/Z: g \quad \Rightarrow \quad X/Z: \lambda x.f(g x) \quad (>\mathbf{B})$$

- 例

Anna	met	and	might	marry	Manny
NP	(S\NP)/NP	CONJ	(S\NP)/(S\NP)	(S\NP)/NP	NP
:anna'	: $\lambda x.\lambda y.meet' x y$	:and'	: $\lambda p.\lambda x.might' (p x)$	: $\lambda x.\lambda y.marry' x y$	:manny'



# THE THRUSH (ツグミ)



# The Thrush : 導入

- Anna married and I detest Mannyの解析
  - Anna, I, Manny := NP
  - married, detest :=  $(S \setminus NP) / NP$
- Bluebirdを使って目的語をとらずに大きな動詞句を作りたいが、、、
  - 先に主語 + 動詞をくっつけることができない！





# The Thrush



- 型繰り上げ (Type-Raising)

$NP \Rightarrow S / (S \setminus NP) \quad (>T)$

- 例

<u>Anna</u>	<u>married</u>	<u>and</u>	<u>I</u>	<u>detest</u>	<u>Manny</u>
NP	$(S \setminus NP) / NP$	CONJ	NP	$(S \setminus NP) / NP$	NP



# Thrushの意味論

- 型繰り上げ (Type-Raising)

$X: a \Rightarrow T / (T \setminus X): \lambda f. f a \quad (>T)$

$X: a \Rightarrow T \setminus (T / X): \lambda f. f a \quad (<T)$

- 例

Anna	married	and	I	detest	Manny
$\overline{NP:anna'}$	$\overline{(S \setminus NP) / NP}$	$\overline{CONJ}$	$\overline{NP:i'}$	$\overline{(S \setminus NP) / NP}$	$\overline{NP}$
	$: \lambda x. \lambda y. marry' x y$	$: and'$		$: \lambda x. \lambda y. detest' x y$	$: manny'$
$\overline{T / (T \setminus NP)} \xrightarrow{T}$			$\overline{T / (T \setminus NP)} \xrightarrow{T}$		
$: \lambda f. f anna'$			$: \lambda f. f i'$		



# Thrushの意味論

<u>Anna</u>	<u>married</u>	<u>and</u>	<u>I</u>	<u>detest</u>	<u>Manny</u>
$T / (T \setminus NP)$	$(S \setminus NP) / NP$	CONJ	$T / (T \setminus NP)$	$(S \setminus NP) / NP$	NP
$:\lambda f.f\ anna'$	$:\lambda x.\lambda y.marry' x\ y$	$:and'$	$:\lambda'f.f\ i'$	$:\lambda x.\lambda y.detest' x\ y$	$:manny'$



# Thrushの意味論

<u>Anna</u>	<u>married</u>	<u>and</u>	<u>I</u>	<u>detest</u>	<u>Manny</u>
T/(T\NP)	(S\NP)/NP	CONJ	T/(T\NP)	(S\NP)/NP	NP
: $\lambda f.f$ anna'	: $\lambda x.\lambda y.marry'$ x y	:and'	: $\lambda'f.f$ i'	: $\lambda x.\lambda y.detest'$ x y	:manny'
S/NP: $\lambda x.marry'$ x anna'		> <b>B</b>			

ここの計算は複雑になっている。bluebirdの規則が

$$X/Y:f \quad Y/Z:g \Rightarrow X/Z:\lambda x.f(g x) \quad (>B)$$

なので、出力される意味構造は、

$$\lambda z.f(g z) \quad \text{s.t. } f = \lambda f.f \text{ anna}', \quad g = \lambda x.\lambda y.marry' x y$$

$$= \lambda z.(\lambda f.f \text{ anna}')((\lambda x.\lambda y.marry' x y) z)$$

$$= \lambda z.(\lambda f.f \text{ anna}')(\lambda y.marry' z y)$$

$$= \lambda z.((\lambda y.marry' z y) \text{ anna}')$$

$$= \lambda z.(marry' z \text{ anna}')$$

# Backward Bluebird と Thrush

- Backward Bluebird

$$Y \setminus Z \quad X \setminus Y \Rightarrow X \setminus Z \quad (<B)$$

- 例

give            a teacher an apple and a policeman a flower

(VP/NP)/NP    NP            NP    CONJ    NP            NP

- a teacher, a policeman

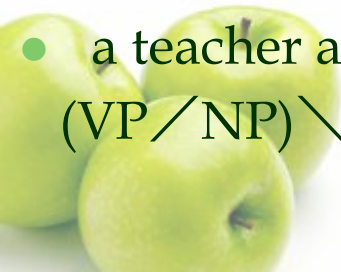
$$NP \Rightarrow_{<T} (VP/NP) \setminus ((VP/NP)/NP)$$

- an apple, a flower

$$NP \Rightarrow_{<T} (VP \setminus (VP/NP))$$

- a teacher an apple, a policeman a flower

$$(VP/NP) \setminus ((VP/NP)/NP) \quad (VP \setminus (VP/NP)) \Rightarrow_{<B} VP \setminus ((VP/NP)/NP)$$



# 関係節

(the man)      that      Anna      married  
(N \ N) / (S / NP)      NP      (S \ NP) / NP

この解析はレポート課題にする予定



# Thrushの心とは？

- 動詞が主語をとって文になるのではなく、名詞が動詞句をとって文になる、という解釈
  - $anna := S / (S \setminus NP)$
  - 選択する側、される側が反転していることに注意！



# STARLING (ムクドリ)





# The Starling: 導入

- Parasitic Gap
  - 関係節の目的語と動名詞の目的語が共有される場合
  - articles which<sub>i</sub> I will file<sub>i</sub> without reading<sub>i</sub>

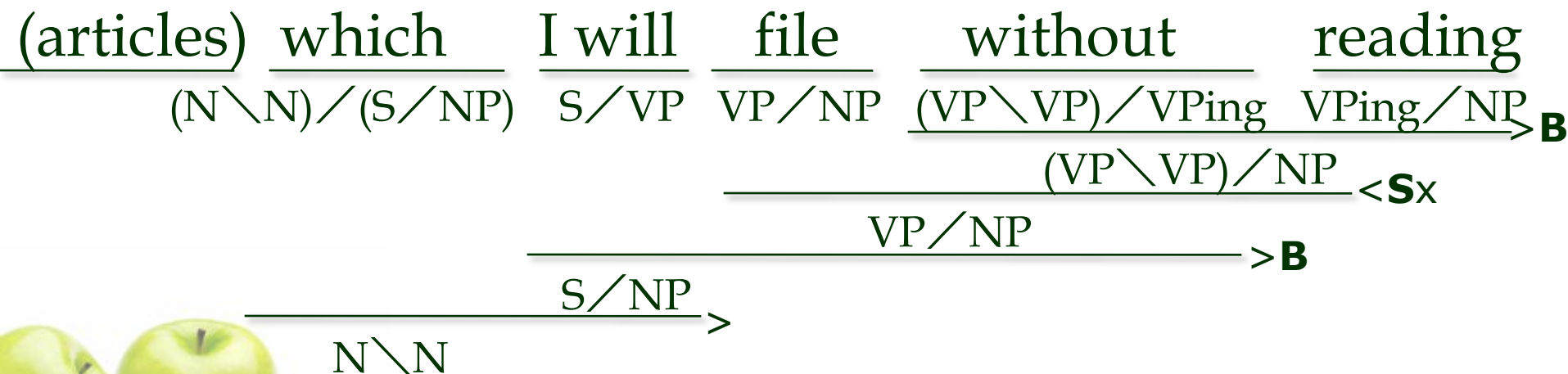


# The Starling

- 後ろ向き交差代入 (backward crossed substitution)

$$Y/Z \quad (X \setminus Y)/Z \Rightarrow X/Z \quad (<S_x)$$

- 例



# Starlingの意味論

- 後ろ向き交差代入 (backward crossed substitution)

$$Y/Z:g \quad (X \setminus Y)/Z:f \Rightarrow X/Z: \lambda x.fx(gx) \quad (<Sx)$$



# bird一覽

- 合成 (functional composition)
  - $X/Y \ Y/Z \Rightarrow X/Z \quad (>B)$
  - $X/Y \ Y\backslash Z \Rightarrow X\backslash Z \quad (>Bx)$
  - $Y\backslash Z \ X\backslash Y \Rightarrow X\backslash Z \quad (<B)$
  - $Y/Z \ X\backslash Y \Rightarrow X/Z \quad (<Bx)$
- 型繰り上げ (type-raising)
  - $X \Rightarrow T/(T\backslash X) \quad (>T)$
  - $X \Rightarrow T\backslash(T/X) \quad (<T)$
- 代入 (functional substitution)
  - $(X/Y)/Z \ Y/Z \Rightarrow X/Z \quad (>S)$
  - $(X/Y)\backslash Z \ Y\backslash Z \Rightarrow X\backslash Z \quad (>Sx)$
  - $Y\backslash Z \ (X\backslash Y)\backslash Z \Rightarrow X\backslash Z \quad (<S)$
  - $Y/Z \ (X\backslash Y)/Z \Rightarrow X/Z \quad (<Sx)$

# 擬似的曖昧性

- 擬似的曖昧性 (spurious ambiguity)
  - このような統語構造の順番を無視するような構造をつくると、同じ文に対して可能な解析が爆発的に増えてしまう
  - 特に型繰り上げを使うと、無限に生成できてしまう



# 擬似的曖昧性

- Anna married Mannyに対する普通の解析

$$\begin{array}{ccc} \underline{\text{Anna}} & \underline{\text{married}} & \underline{\text{Manny}} \\ \text{NP: anna'} & \text{(S \setminus NP) / NP: } \lambda x. \lambda y. \text{marry'} x y & \text{NP: manny'} > \\ \text{S \setminus NP: } \lambda y. \text{marry'} \text{ manny'} y & & \\ \hline \text{S: marry'} \text{ manny'} \text{ anna'} & < & \end{array}$$



# 擬似的曖昧性

## ● その他の解析1

$$\begin{array}{c}
 \frac{\text{Anna}}{\text{NP: anna'}} \\
 \frac{\text{NP: anna'}}{\text{T} / (\text{T} \setminus \text{NP})} < \mathbf{T} \\
 : \lambda p.p \text{ anna}'
 \end{array}
 \quad
 \frac{\text{married}}{(\text{S} \setminus \text{NP}) / \text{NP: } \lambda x.\lambda y.\text{marry}' x y}
 \quad
 \frac{\text{Manny}}{\text{NP: manny'}} \\
 \frac{\text{NP: manny'}}{\text{T} \setminus (\text{T} / \text{NP})} < \mathbf{T} \\
 : \lambda q.q \text{ manny}' <$$

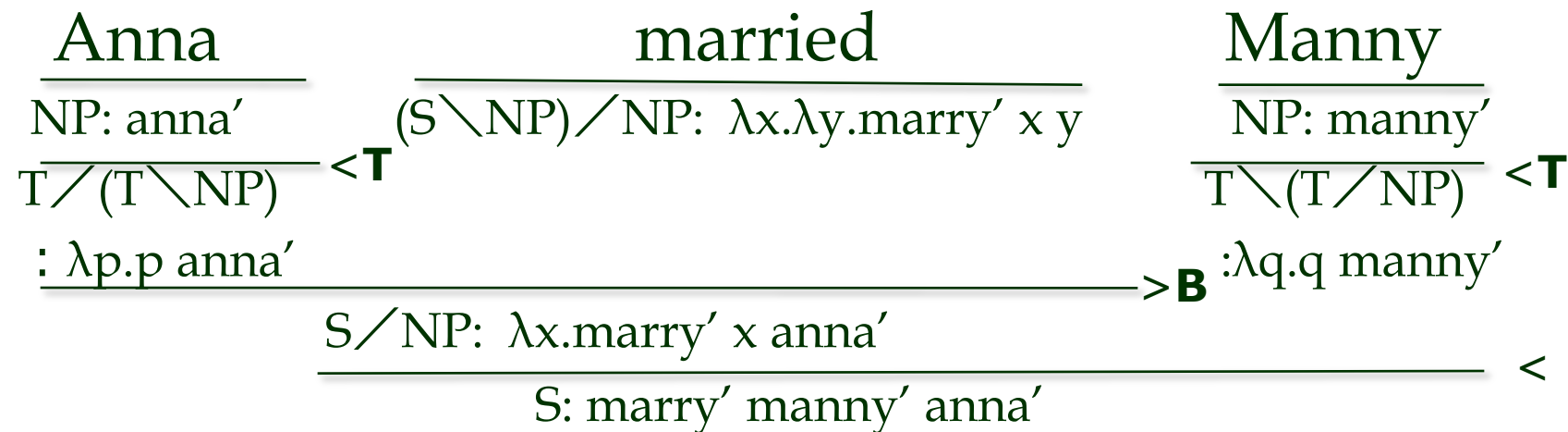

---


$$\frac{\text{S} \setminus \text{NP: } \lambda y.\text{marry}' \text{ manny}' y}{\text{S: marry}' \text{ manny}' \text{ anna}'} >$$



# 擬似的曖昧性

## ● その他の解析2





# 擬似的曖昧性

- 解析過程や統語構造が異なっても意味構造は同じ
- パーザー(構文解析器) は、与えられた文に対する全ての意味構造に対し、それに対応するいくつかの統語構造さえ出力できれば良い  
↳ 反論: 全ての統語構造を列挙しないと、全ての意味構造を列挙することは難しい  
↳ 反論: 普通の句構造解析でも同じようにたくさんの曖昧性はある  
↳ さらに言えば、実テキストを解析できるシステムが存在する

# CCGのすごいところ (1/2)

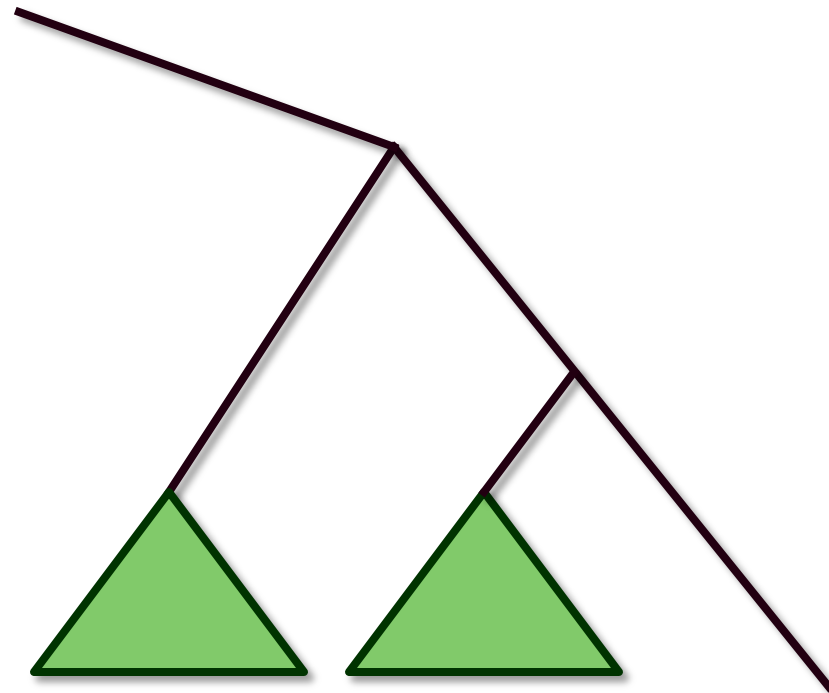
- どちらが“良い”統語構造か？という長年の言語学的疑問に一つのエレガントな解を与えた⇒意味構造が同じならどちらでも良い
  - 文節文法vs句構造文法
    - (NP-を (WH 花子作った)(NP 弁当を))
    - (PP (NP (WH 花子作った) 弁当) を)
  - 句構造の曖昧性
    - Manny might watch Anna with a telescope.
    - 動詞は目的語と結びついた後に助動詞と結びつくか、動詞と助動詞が結びついた後に目的語と結びつくか？
    - with a telescopeは“watch Anna”に結びつくのか、それとも、“might watch Anna”に結びつくのか？



# CCGのすごいところ (2/2)

- ほとんどの文法理論で失敗している等位接続構造をエレガントに説明できた

?



おじいさんは 山へ芝刈りに おばあさんは 川へ洗濯に 行きました

# まとめ

- CCG
  - 関数適用
  - bluebird
  - thrush
  - starling
  - 長所
- 資料

<http://aiweb.cs.ehime-u.ac.jp/~ninomiya/ai2/>

