

# ことばの工学：自然言語の意味表現 —文と工の間で—

静岡大学  
伊東 幸宏

# 自然言語処理とは

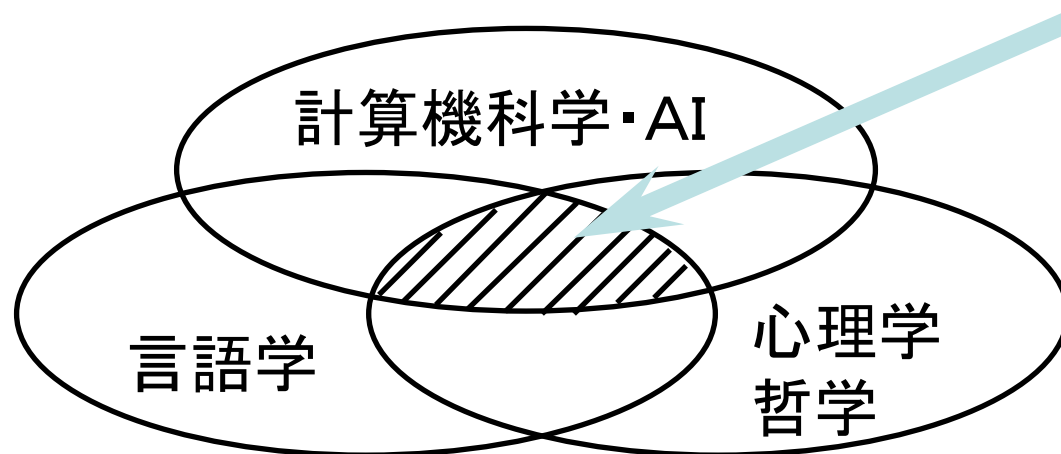
- 自然言語処理とは

人間が日常的に自然に使っている言語  
を理解したり、発話したりする能力を  
コンピュータにもたせるための技術

自然言語でない言語 → 人工言語  
プログラミング言語

# 自然言語処理と関連する研究分野

- 人工知能研究の中に位置づけられる
- 言語学と密接な関連をもつ
- 心理学・哲学との接点も多い



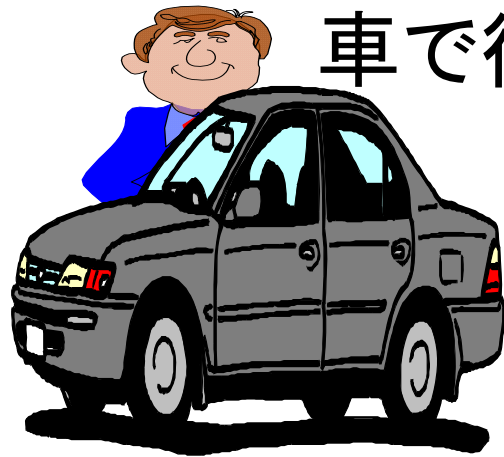
# 自然言語処理の応用

- 機械翻訳システム
- カーナビ 自然言語インタフェース
- :
- :
- 鉄腕アトム

本来は、常識や対話文脈など、  
背景知識を使わなければ処理不能

- 「かれがくるまでまっている。」
- 「黒い瞳の大きい女の子」
- “Tom saw Marry with a telescope.”

「かれがくるまでまっている。」

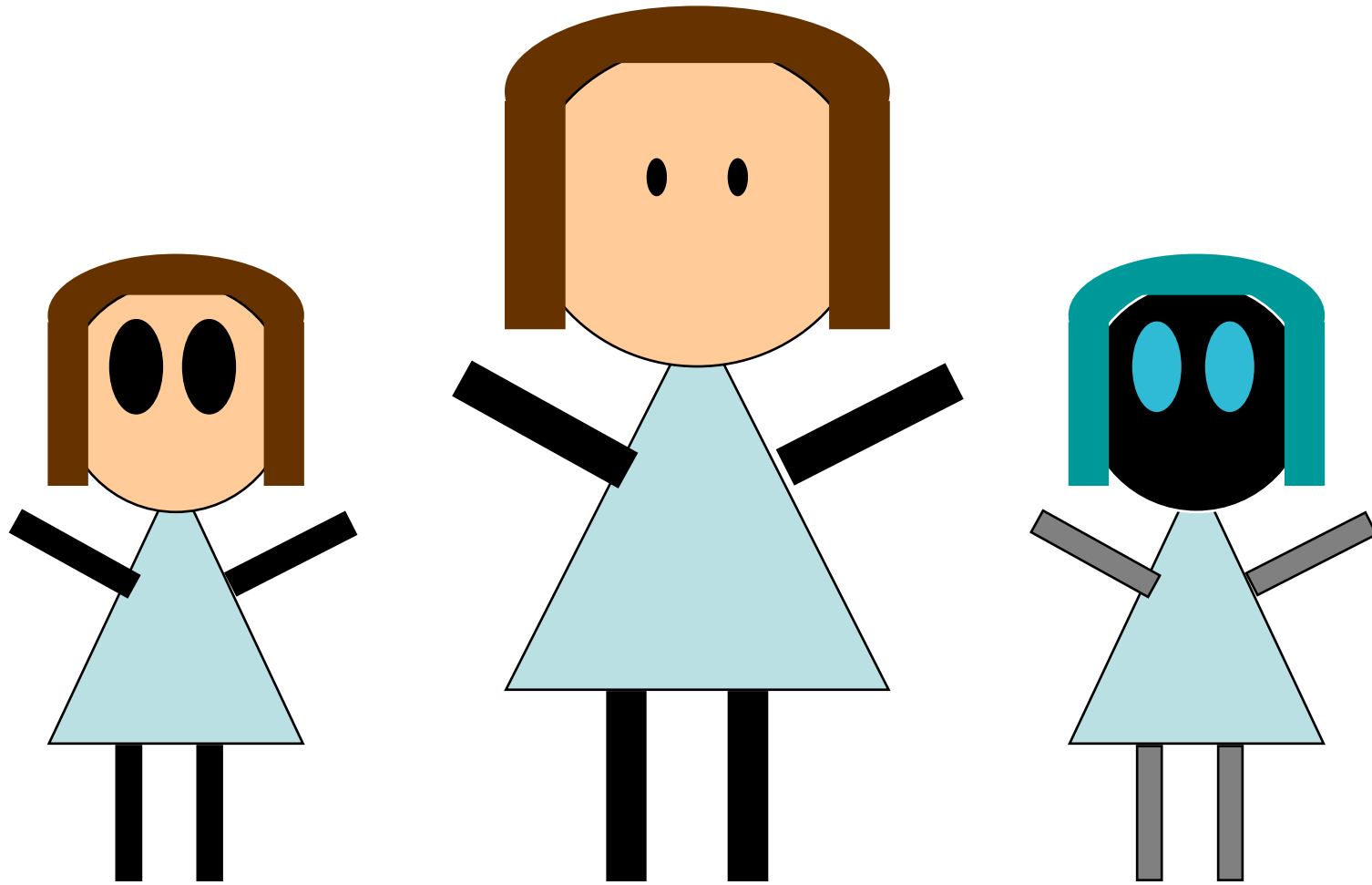


車で待っている

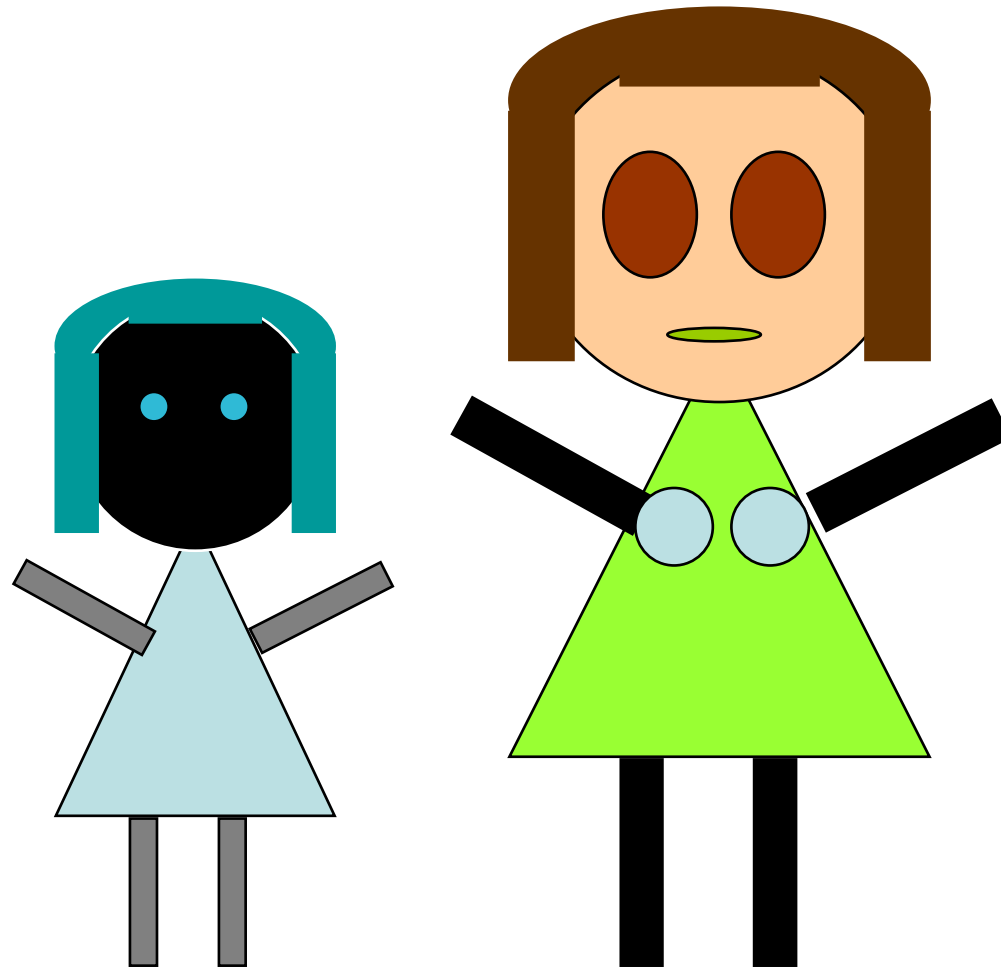


来るまで待っている

# 黒い瞳の大きい女の子

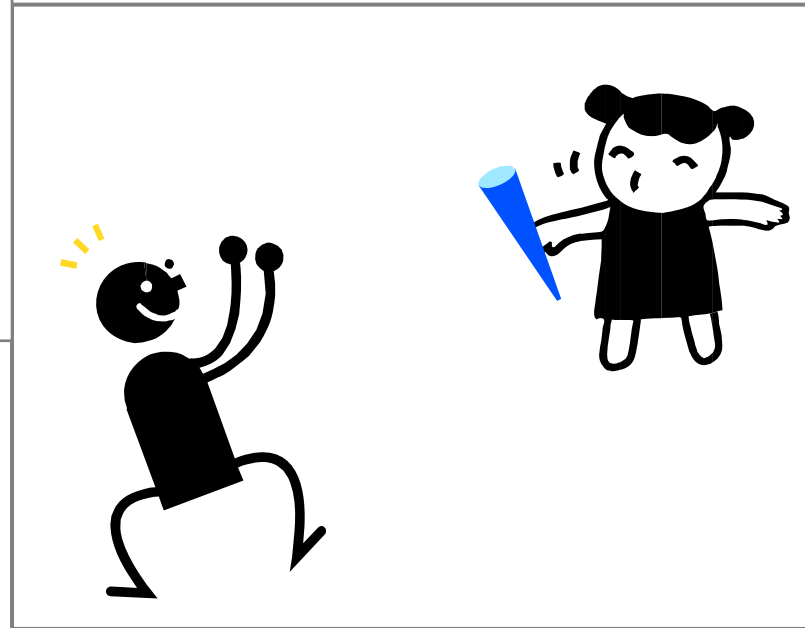
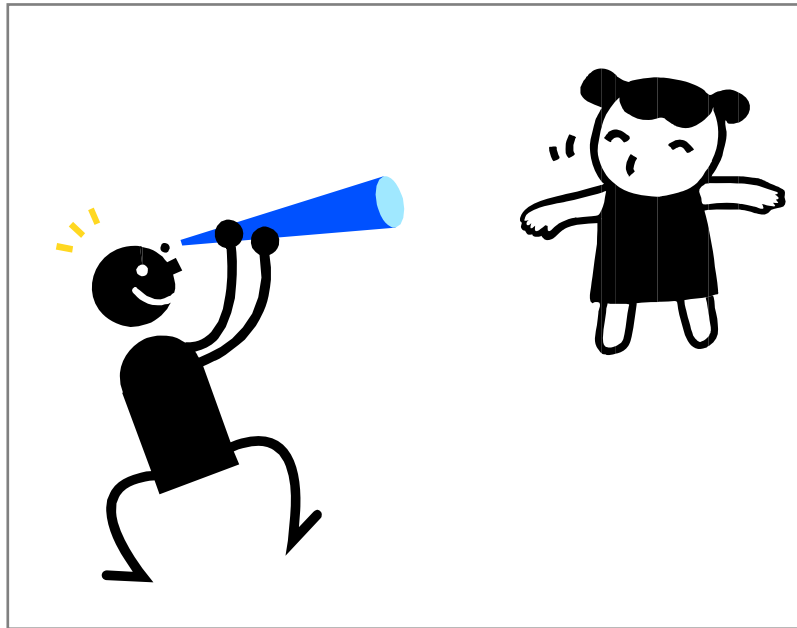


# 黒い瞳の大きい女の子



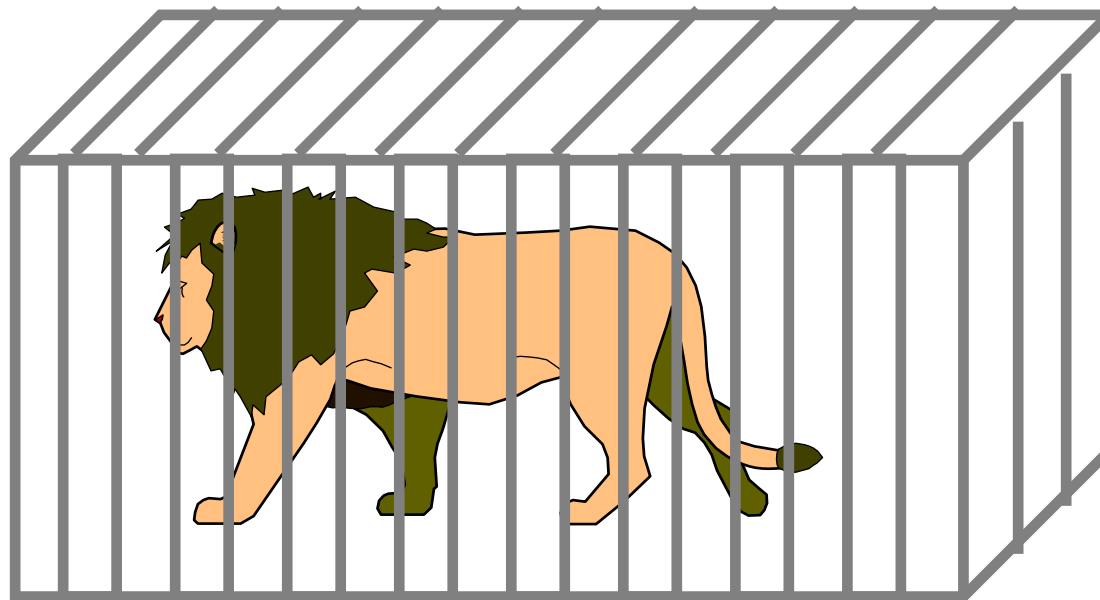


Tom saw Mary with a telescope.



「凶暴な檻の中の猛獣」

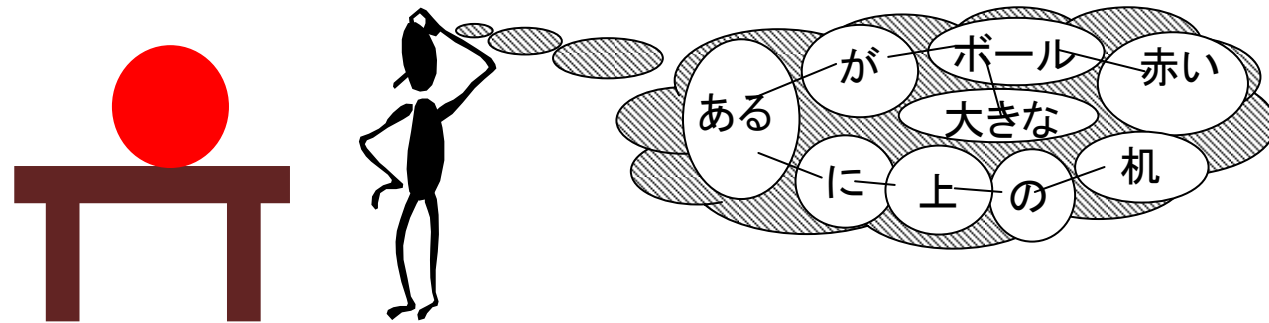
「頑丈な檻の中の猛獣」



# 意味と文法

- 「ボール」の存在
- 「ボール」と「机」の位置関係
- 「ボール」の色
- 「ボール」の大きさ

⋮



「赤い 大きな ボール が 机 の 上 に ある。」

単語の意味＝認識思考表現の断片

# 意味と文法

- 文の役割＝自分の認識を他者に伝達すること
- 単語の意味＝認識思考表現の断片
- 文の形態＝単語の一次元列
  
- 文法とは
- 2次元構造(木構造)のデータを1次元に並べ替えるための規則
- 1次元の単語列から2次元構造の認識思考表現を再現するための規則

# 意味と文法

## 認識と言語

- 「認識できるから言葉を学習できる」  
「言葉を知っているから認識できる」
- 概念化、分節化はできなくとも認識できる。
- ヘレン・ケラーとサリバン先生
- (言語獲得以前の)認識データは、どのようなデータ構造をしているのか？
- そのデータ構造は人類に共通か？
- そのデータ構造によって認識表現を作りだす能力は先天的なものなのか？

# 意味表現のデータ構造の推定

## 意味表現が満たすべき条件

### 同義文に対し

- それぞれが同じ意味を持っていることが表現でき、
- かつ、それぞれが異なった単語で異なった文体を構成することが表現できる。

# 形容詞の意味表現

「赤い車」

「赤い色をしている車」

「赤い色の車」

「色が赤い車」

「この車は赤い」

「この車は赤い色をしている」

「この車の色は赤い」

(「この車は色が赤い」)

これらの表現が  
同じ現象をさすと  
如何にして  
判定できるのか？

# 初期仮説

1. 外界の1つの対象物を「もの」として他と切り離して認知できる
2. 外界の1つの現象を「こと」として他と切り離して認知できる
3. 外界のある現象において各対象物が果たしている役割を認知できる
4. それら認知結果を表現する基本的なデータ形式は先天的に既知



- (1)「もの」(名詞概念)を ○ で表す。
- (2)「こと」(動詞概念)を ◎ で表す。
- (3)「こと」と「もの」の関係(格助詞概念)を  
矢印類で表す。

例えば、

↑ 主格「が」に相当する関係

↑ 目的格「を」に相当する関係

↑ 「に」(『に等しい』の)に  
相当する関係

- (4)従属節を ( ) で囲み、主節と区別する

# 主格関係節の表現

「私は、Aさんを愛した人を知っている。」

= [ 私は(ある)人を知っている。  
(その)人はAさんを愛した。 ]

「私は(ある)人を知っている」

○私  
は↓  
◎知っている  
を↑  
○(ある)人

○私  
は↓  
◎知っている  
を↑  
○(ある)人

「(その)人はAさんを愛した」

○(その)人  
は↓  
◎愛した  
を↑  
○Aさん

○(その)人  
は↓  
◎愛した  
を↑  
○Aさん

「私は(ある)人を知っている」

○私  
は↓  
◎知っている  
を↑  
○(ある)人

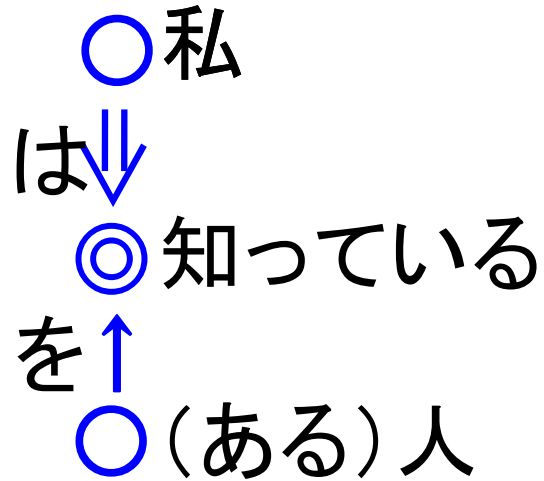
「(その)人はAさんを愛した」

○(その)人  
は↓  
◎愛した  
を↑  
○Aさん

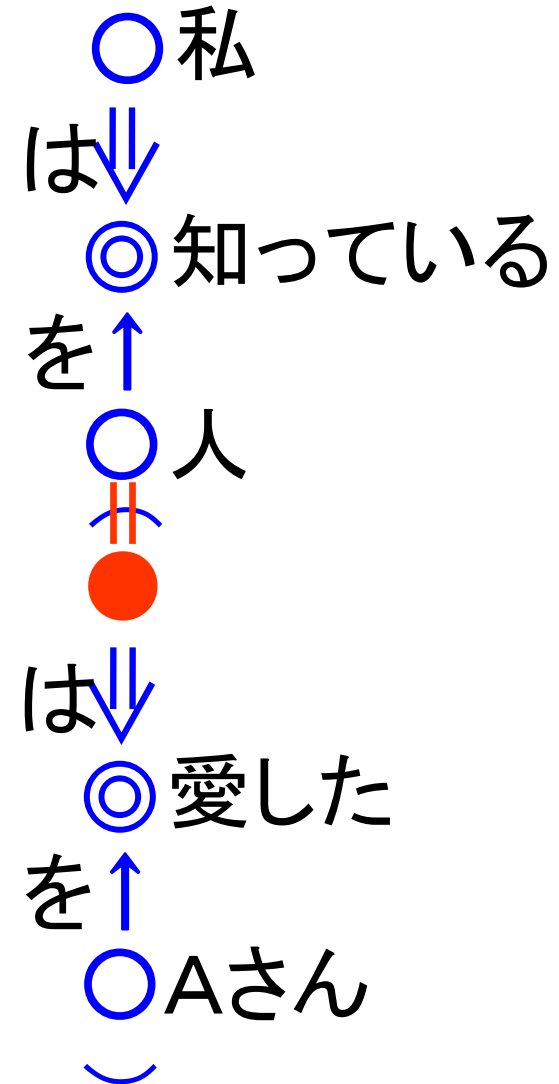
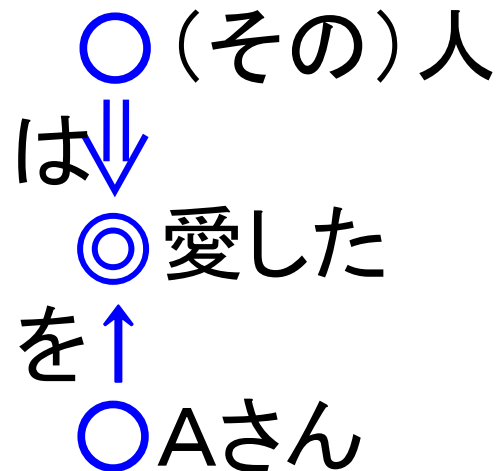
○私  
は↓  
◎知っている  
を↑  
○人  
は↓  
◎愛した  
を↑  
○Aさん  
)

( ) の中が節を構成しない！

「私は(ある)人を知っている」



「(その)人はAさんを愛した」



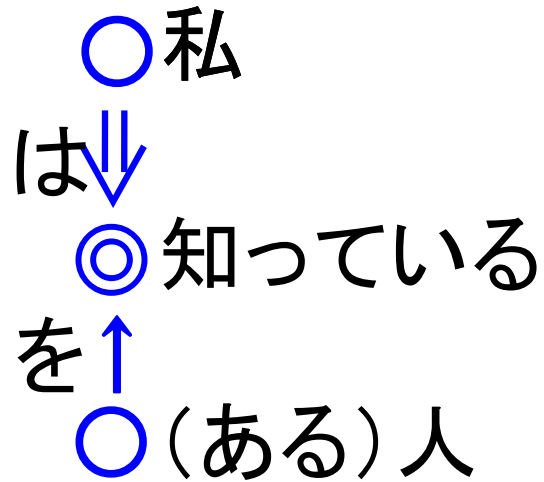
- (1)「もの」(名詞概念)を ○ で表す。
- (2)「こと」(動詞概念)を ◎ で表す。
- (3)「こと」と「もの」の関係(格助詞概念)を  
矢印類で表す。
- (4)従属節を ( ) で囲み、主節と区別する
- (5)節構造を破壊しないように従属節の( )の  
中に挿入する名詞概念(関係代名詞に相当  
する)を ● で表す。  
先行詞に当たる名詞概念と関係代名詞相当  
の ● の対応関係を = で表す。

# 目的格関係節

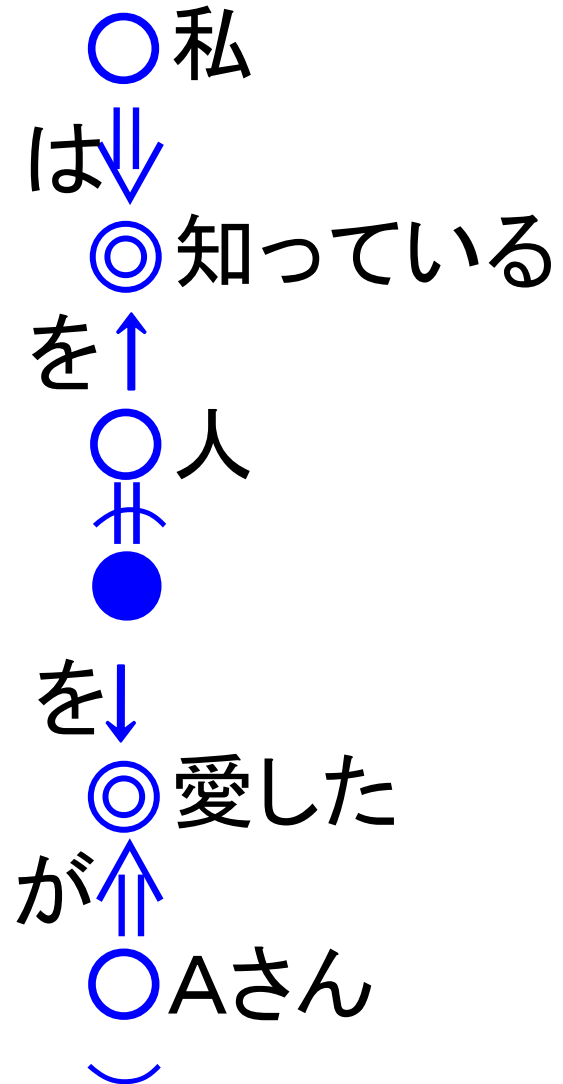
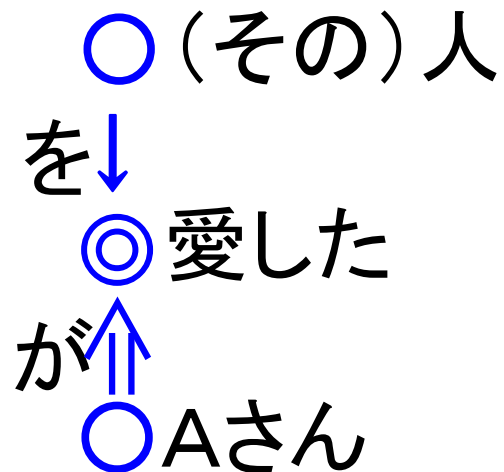
「私は、Aさんが愛した人を知っている。」

= [ 私は(ある)人を知っている。  
Aさんが(その)人を愛した。 ]

「私は(ある)人を知っている」



「Aさんが(その)人を愛した」



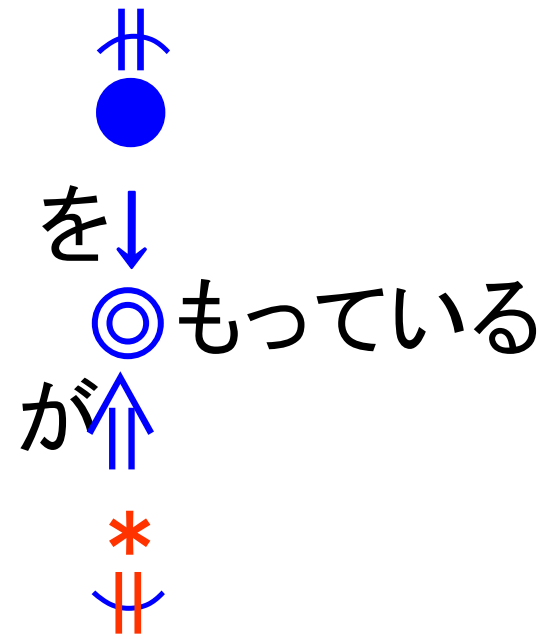
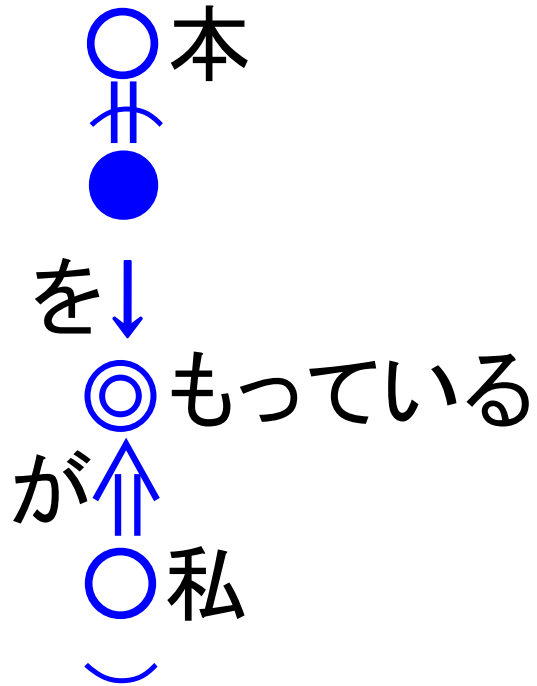


# 助詞「の」、前置詞“of”の表現

「私の本」の意味 = 「私がつもっている(ところの)本」

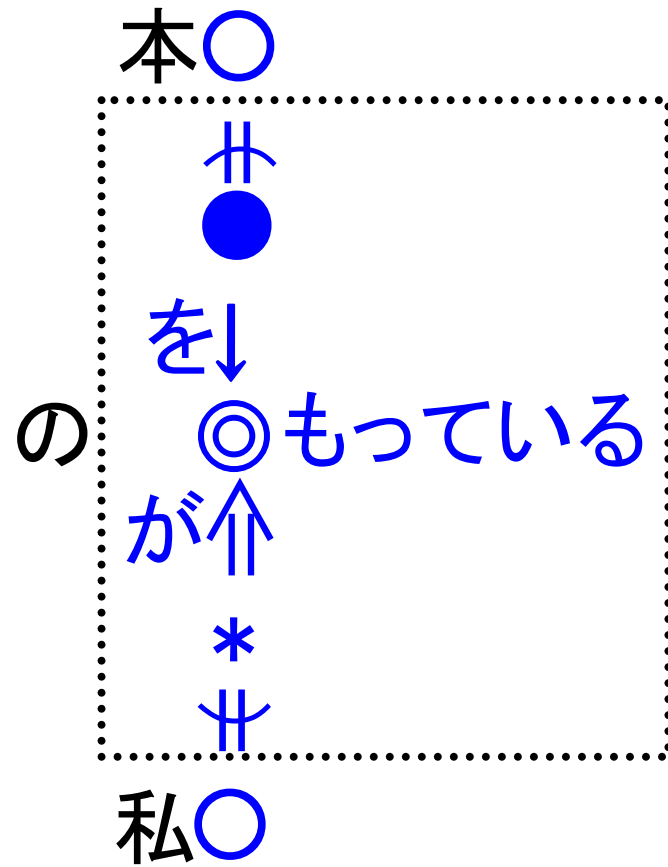
「の」の意味 = 「私の本」—「私」—「本」  
= 「△がつもっている(ところの)」

「私がもっている本」 — 「私」 — 「本」



( ) の中が節を構成しない！

# 「私の本」



(5) 節構造を破壊しないように従属節の( )の中に挿入する名詞概念(関係代名詞に相当する)を●で表す。  
先行詞に当たる名詞概念と関係代名詞相当の●の対応関係を＝で表す。

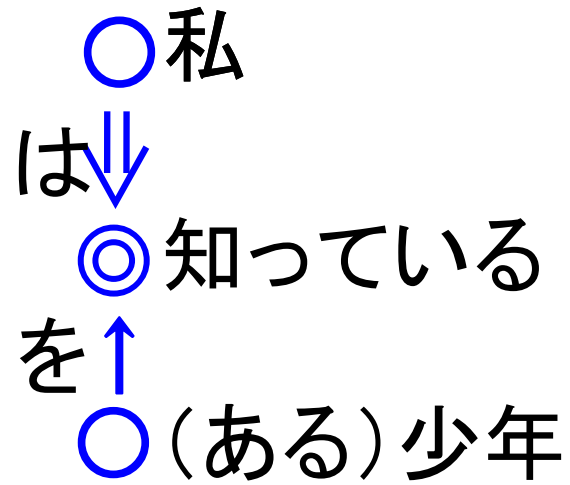
(6) 助詞「の」などの内部意味構造中に出現し、対応する名詞概念と同等の意味を表す代名詞相当の意味を\*で表す。  
名詞概念との対応関係は＝で表す。

# 所有格関係節

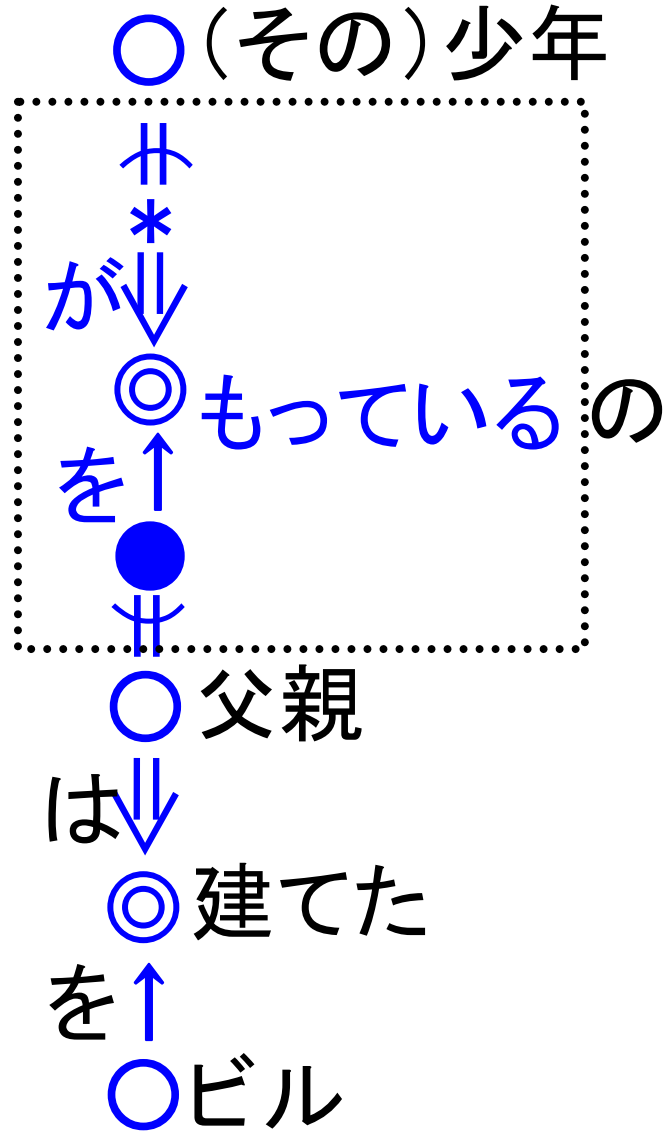
「私は、父親がビルを建てた少年を知っている。」

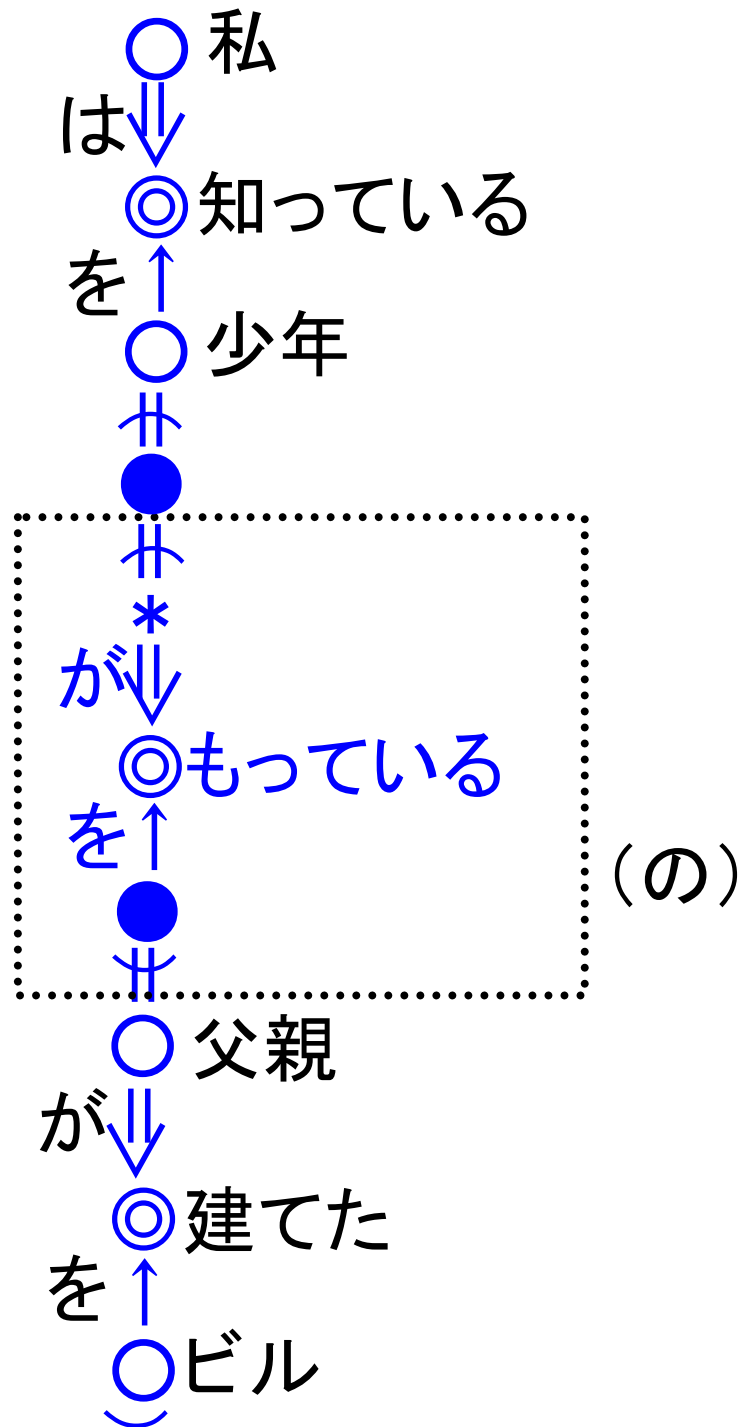
=  $\left[ \begin{array}{l} \text{私は(ある)少年を知っている。} \\ \text{(その)少年の父親はビルを建てた。} \end{array} \right.$

私は(ある)少年を知っている。



(その)少年の父親はビルを建てた。





# 検討(1) 所有格関係節の 同義表現

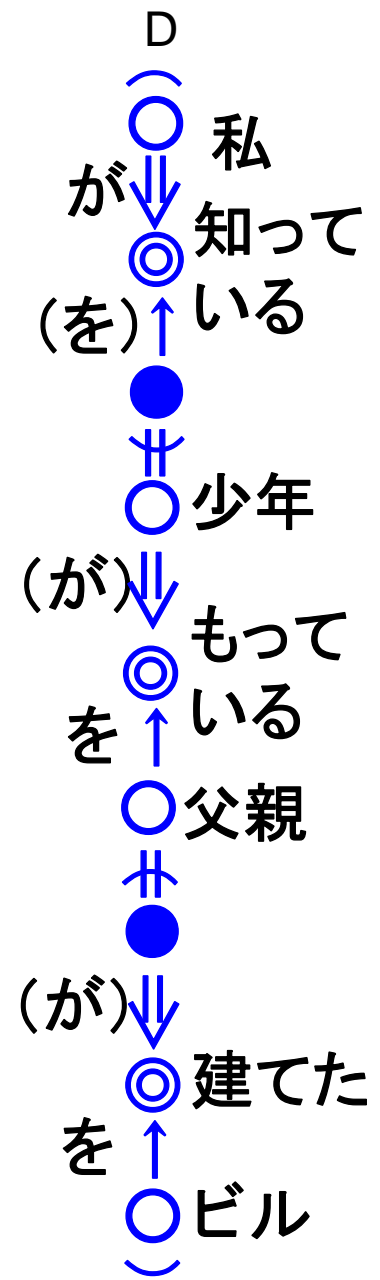
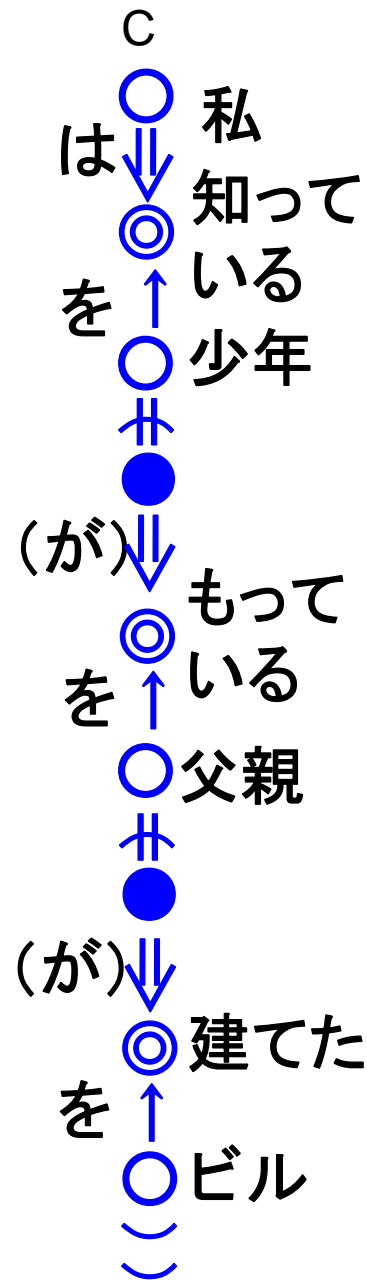
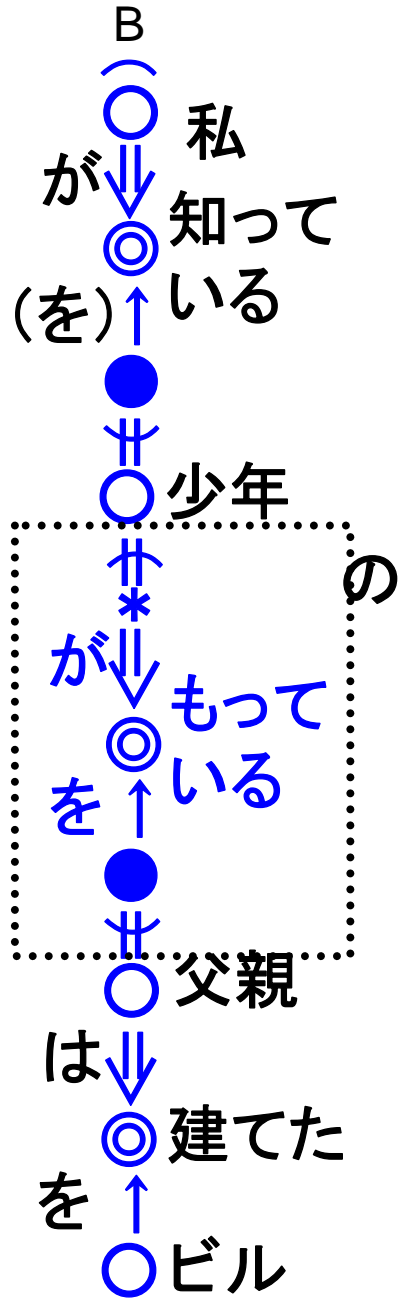
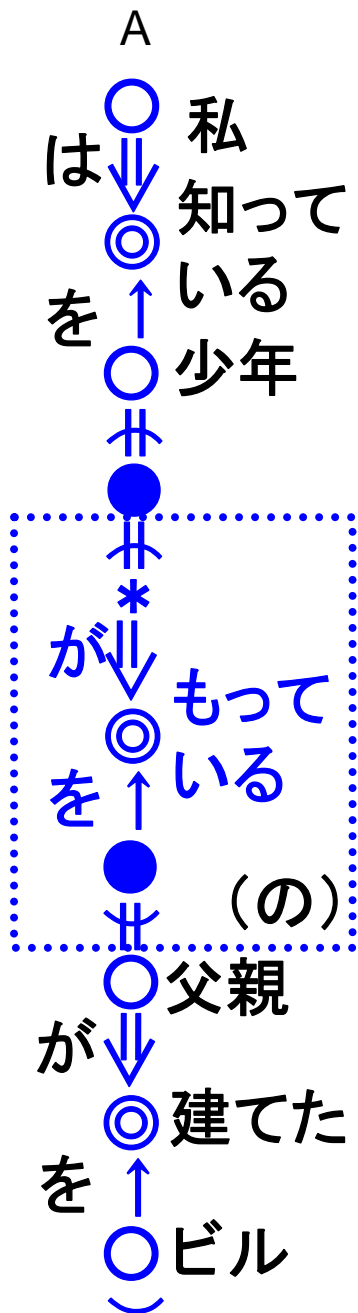
「私は、父親がビルを建てた少年を知っている。」

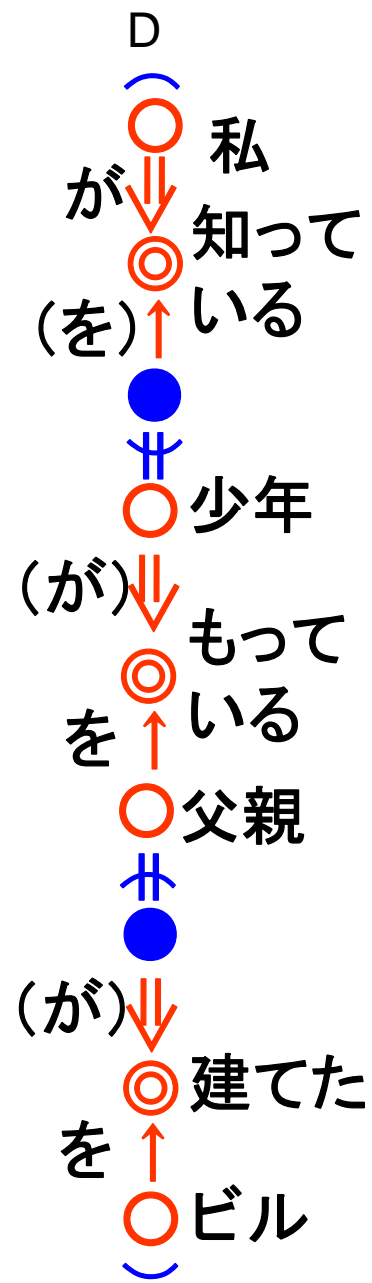
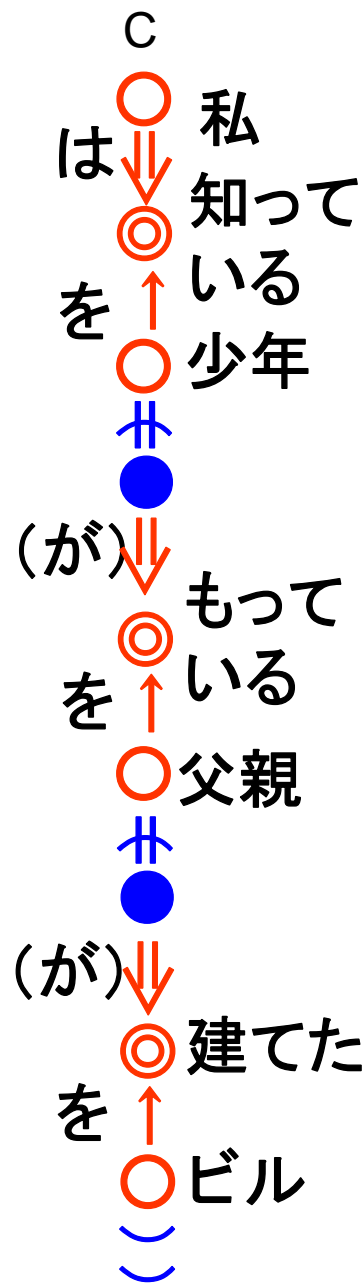
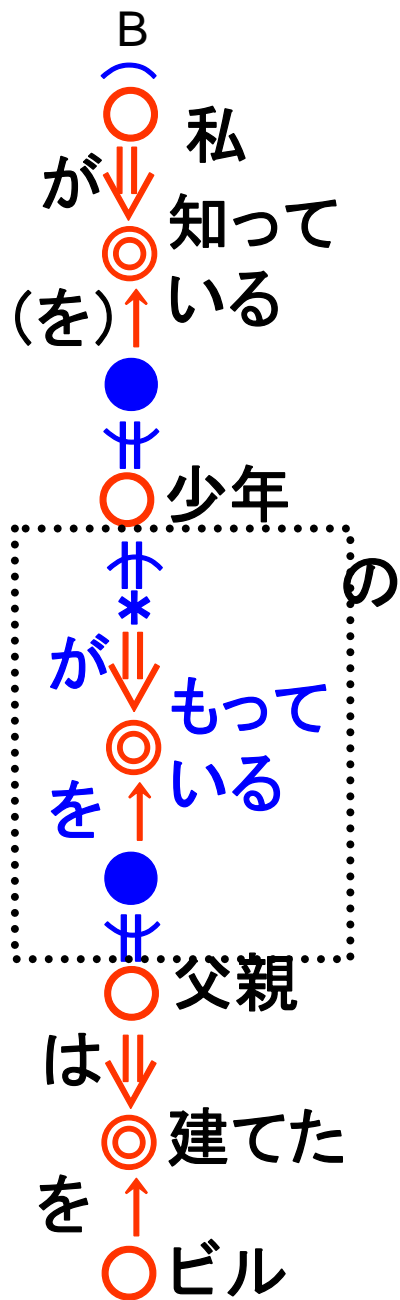
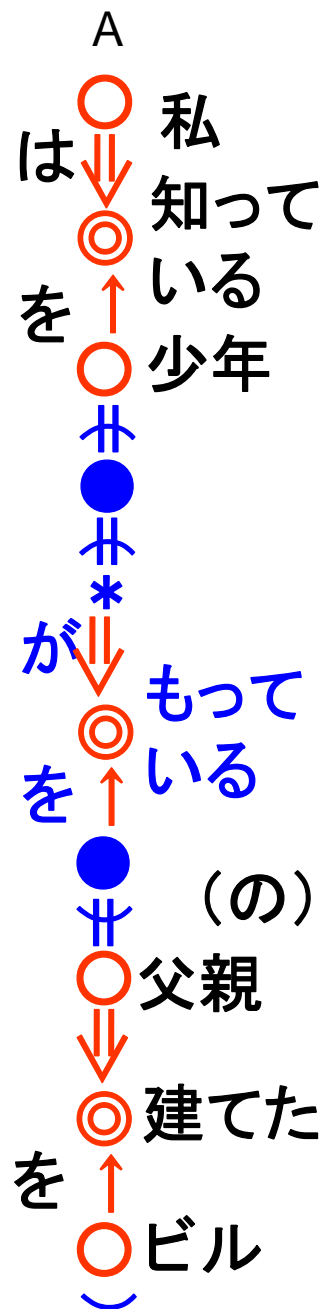
「私が知っている少年の父親はビルを建てた。」

「私は、ビルを建てた父親をもっている少年を  
知っている。」

「私が知っている少年は、  
ビルを建てた父親をもっている。」







各々異なった構文構造をもつ文の意味を表現しつつ、

節構造を表すために定義した ( )

節構造の表現規約を保持するために導入した ● \* =

を無視して比較すれば、  
意味的同等性がチェックできる。

同義文の意味的同等性と  
構文の差異を  
同時に表現できている！

## 検討(2) 英語の場合

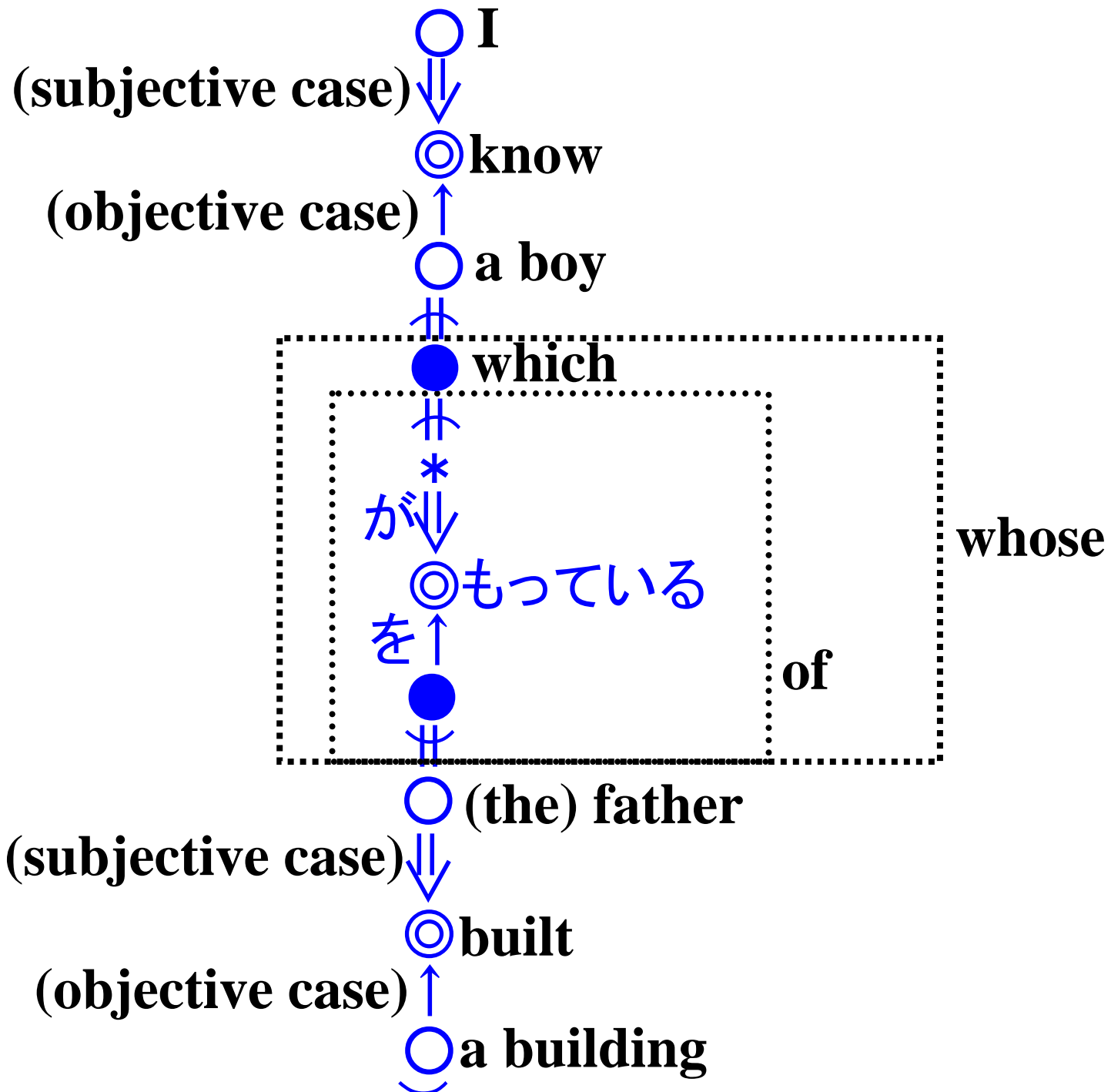
「私は、父親がビルを建てた少年を知っている。」

||

I know a boy **whose** father built a building.

||

I know a boy the father **of which** built a building.



# 形容詞の意味表現

「赤い車」

「赤い色をしている車」

「赤い色の車」

「色が赤い車」

「この車は赤い」

「この車は赤い色をしている」

「この車の色は赤い」

(「この車は色が赤い」)

# 日英両国語の形容詞が持つ 共通の特徴

## 1. 日本語の連体形形容詞

関係節で言い換えられる

「面白い本」＝「興味をそそる本」

「赤い車」＝「色が赤い車」

## 2. 英語の限定用法の形容詞

“～ing” “～ed”という分詞形

→ 関係節で言い換え可

“large”＝“having more than usual capacity”

“safe”＝ “protected from danger and harm”



3. 日本語の連体形形容詞 「の」を用いて言い換え可  
「赤い車」=「赤い色の車」  
「丸い板」=「円形の板」
4. 英語の限定形容詞 “of”を用いて言い換え可  
“useful tools”=“tools of use”  
“important persons”=“persons of importance”
5. 英語の限定用法形容詞を日本語に翻訳  
→ 関係節、「～の」という形をとる  
“useful tools”=「役に立つ道具」  
“naked baby”=「裸の赤ん坊」

日本語連体形形容詞  
英語限定用法形容詞



意味的に関係節と等価

# 色情報の認知のあり方

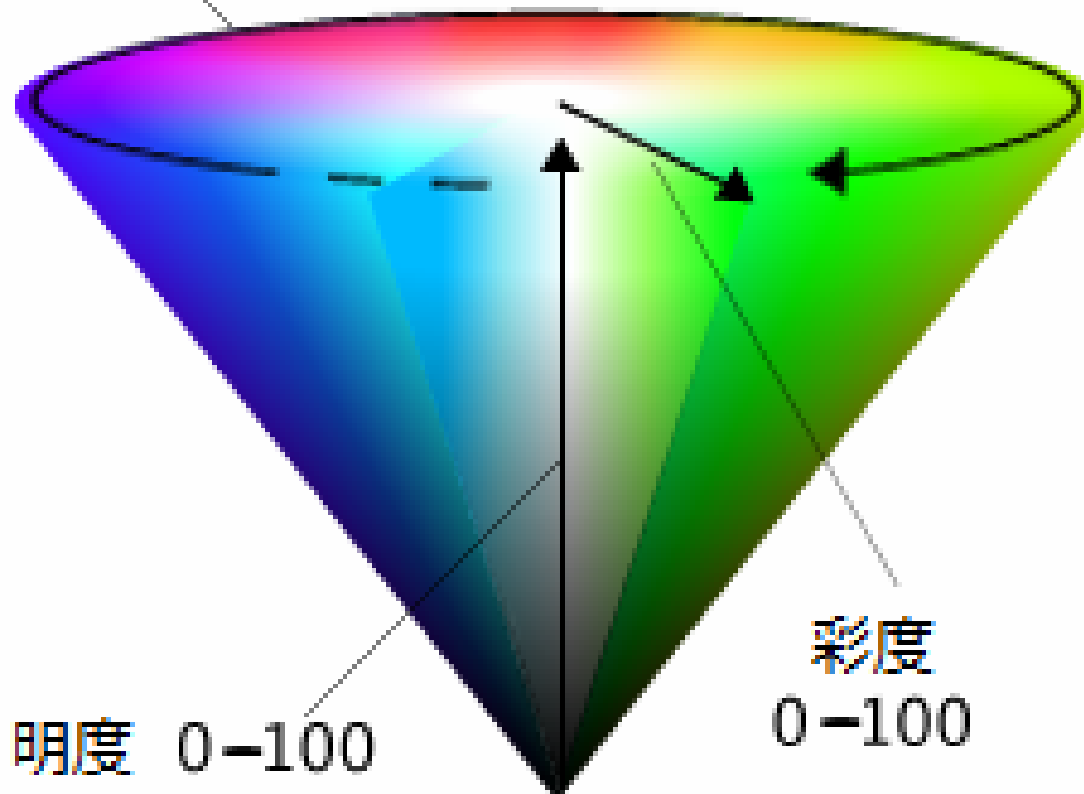
- 一般に、色情報を整理して表す方式(表色系)として、様々な枠組みがある。

RGB      L\*a\*b\*      HSV

- 人間の直感に最も合うとされている HSV
- 生理的にも、色相、彩度、明度のそれぞれに反応する個別の細胞
- 色は、色相(Hue)、彩度(Saturation)、明度(value)の3つの属性をもつ。

# HSV 色空間

色相 0-360°



明度 0-100

彩度  
0-100

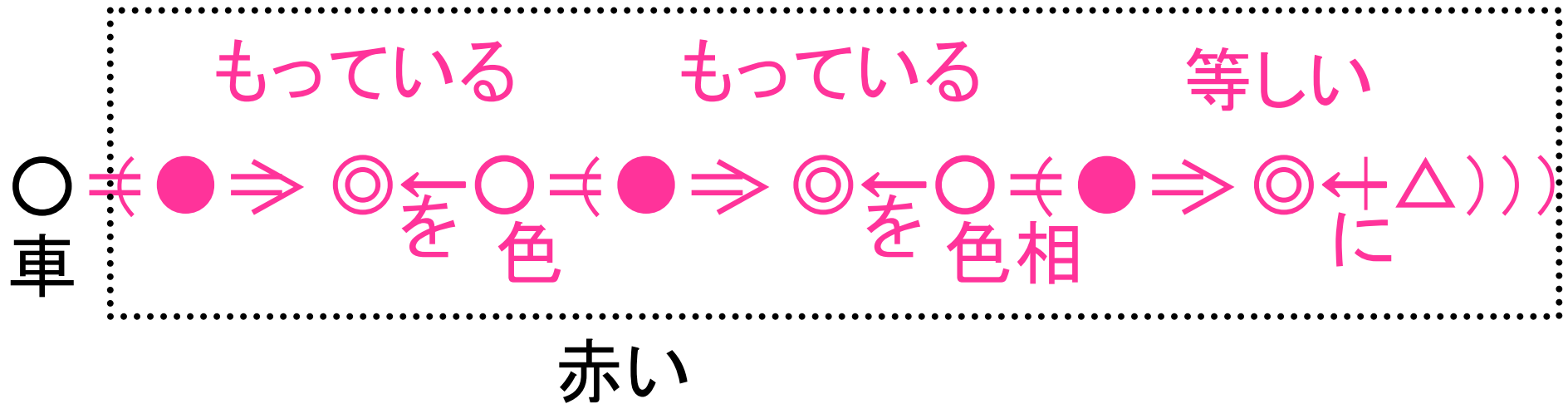
# 色に関する形容詞の意味構造

「赤い車」とは、  
車が色をもっており、その色が「色相」「彩度」  
「明度」という属性をもつ。そのうちの「色相」属性  
の値が、ある特定の値をとっているということ。  
(話を簡単にするため、色相についてだけに絞  
る)

このことを、関係節構造で表現する

「赤い車」

=「△に等しい色相をもっている(ところの)  
色をもっている(ところの)車」

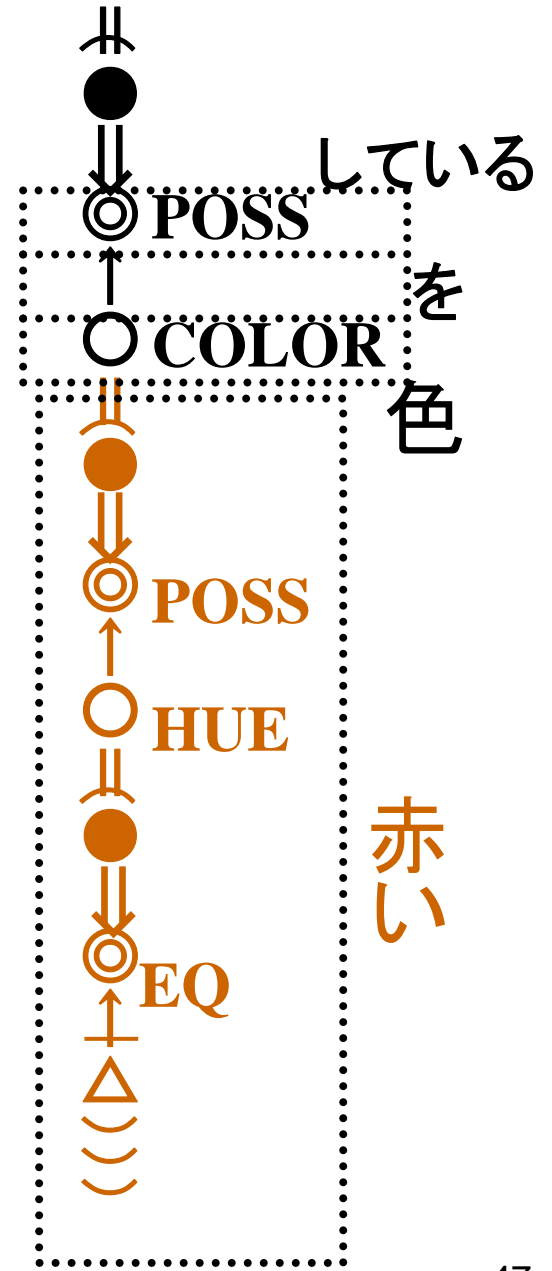
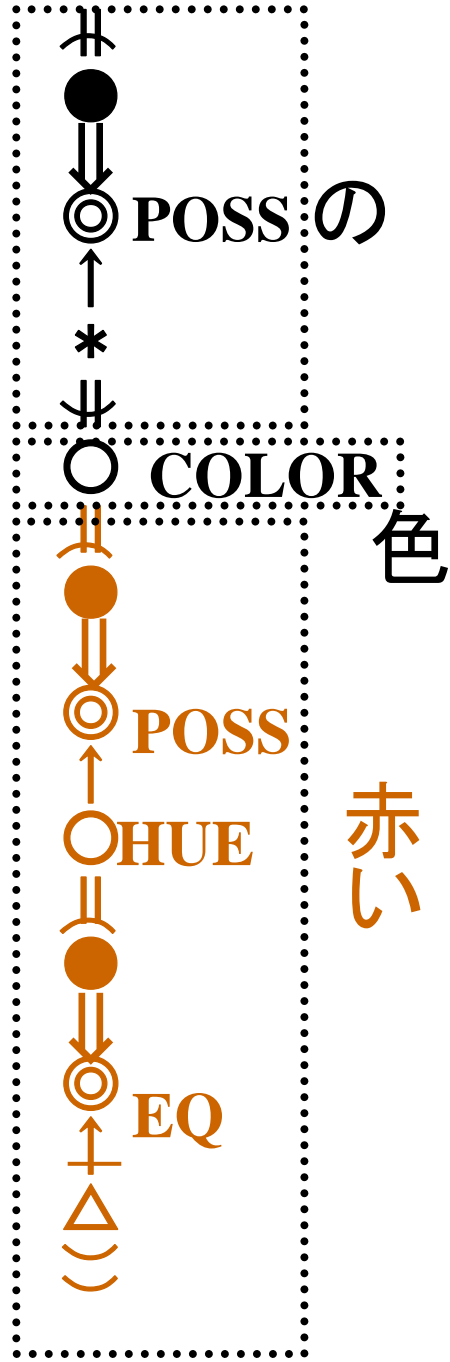
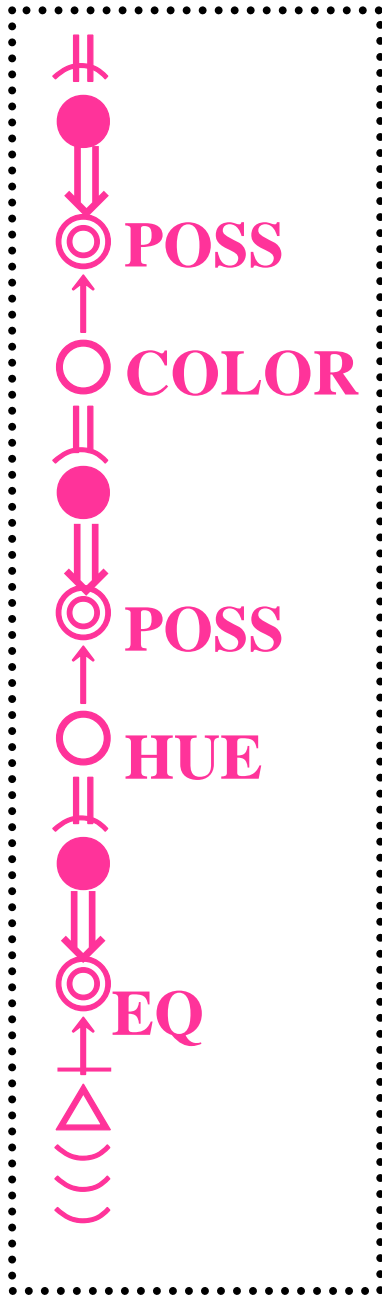


△: 赤に相当する値

例えば、波長、周波数、  
神経インパルスパターン

# 「赤い色の車」 「赤い色をしている車」

- 「赤い色の車」=「赤い車」
- 「赤い色の」=「赤い」
- 「色の」の意味  $\neq$  null
- 「赤い」 $\neq$ 「赤い」



# 形容詞の意味表現

「赤い車」

「赤い色をしている車」

「赤い色の車」

「色が赤い車」

「この車は赤い」

「この車は赤い色をしている」

「この車の色は赤い」

(「この車は色が赤い」)



# 「色が赤い車」

この「赤い」は英語の限定用法に相当する用法ではない。

- 「色が」という主格格助詞が「赤い」に係る。
- つまり、「赤い」が述語として機能している。
- 「色が赤い」は主語—述語をもった節

関係節

- 「赤い」は叙述用法に相当する。
- 日本語では、終止形形容詞。

# 終止形形容詞の意味構造

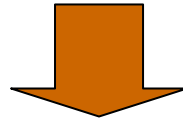
- 意味的には動詞と等価
- 英語でも、be動詞を伴う叙述形容詞は、動詞と極めて近い性質 (Lakoff)

日本語に訳すと動詞

“be proficient” = 「熟達している」

“be advanced” = 「進歩している」

- しかし、活用は形容詞と動詞とでは異なる。



形容詞の活用と見えるものは、  
「ある」の活用である。

形容詞そのものは活用しない(時枝)

(未然)	美しかろう。	⇒	美しく	あろう。
(連用)	美しかった。	⇒	美しく	あった。
(終止)	美しい。	⇒	美しく	ある。
(假定)	美しければ、	⇒	美しく	あれば、

- 「美しく ある。」の「ある」が活用すると考えると、
  - (1)「美しく」の意味は？
  - (2)「ある」の意味は？
- 「ある」には実質的な意味はない。

美しく	あろう。	= 美しさをもっていよう。
美しく	あった。	= 美しさをもっていた。
美しく	ある。	= 美しさをもっている。
美しく	あれば、	= 美しくをもっていれば、

「美しく咲く」＝「美しい有様を呈しつつ咲く」

「美しくある」≠「美しい有様を呈しつつある」

「美しくある」＝「美しい有様を呈している」

「美しさを示している」

「美しさを内包している」

「美しくある」の「美しく」は、通常の意味の連用形形容詞とは考えにくい。

## 「美しくある」

(未然) 美しかろ	= 美しくある
(連用) 美しかっ	= 美しくあつ
(連用) 美しく	×
(終止) 美しい	= 美しくある
(連体) 美しい	?
(假定) 美しけれ	= 美しくあれ

# 「美しくある」と連体形「美しい」

- 連体形「美しい」

「(標準以上の)美しさをもっている(ところの)」

(連体形「赤い」からの類推)

- 関係節構造をとるか否かを除いて、同じ意味

「美しい花」=「(標準以上の)美しさを

内包している花」

「この花は美しい」=「この花は美しくある」

=「この花は(標準以上の)美しさを

内包している」

「美しく」+「ある」=連体形「美しい」の  
関係節構造を除いた意味

「ある」の振る舞い

英語では、“be beautiful” の “be” に相当。

“copula be”


“This book **is of no use.** (= **useless**)”

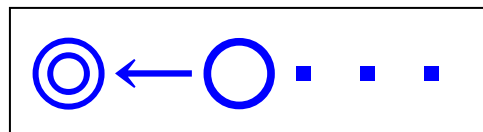
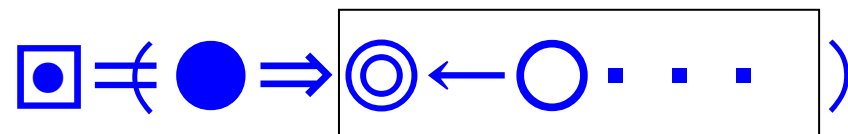
前置詞“of”を叙述化するときにも用いる



仮説:「ある」「be」は関係節構造をもつ語を  
叙述化する際に利用される。

関係節構造+「ある」(“be”)  
=関係節の内部の動詞句

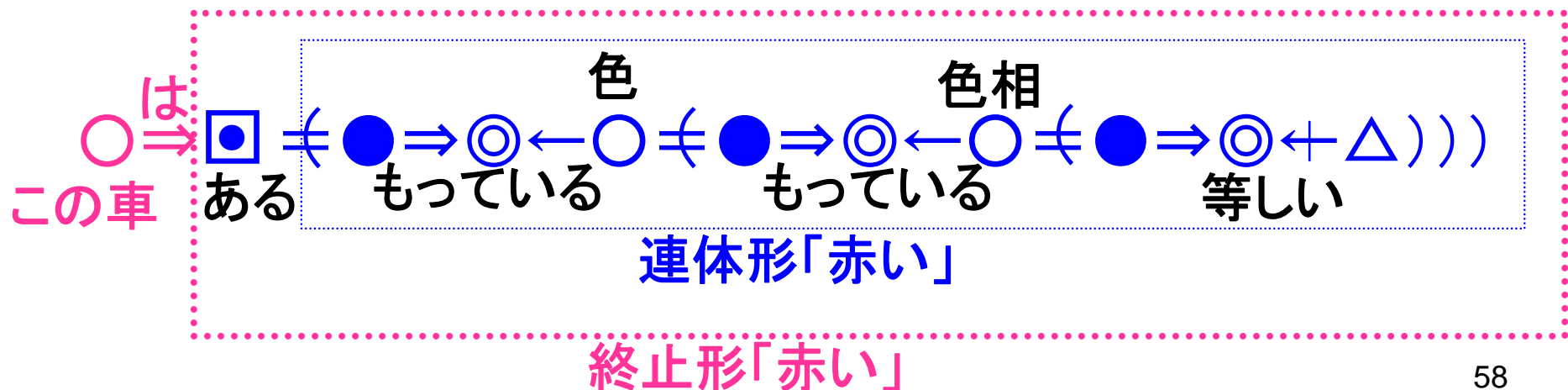
「ある」(“be”)を  で表す。

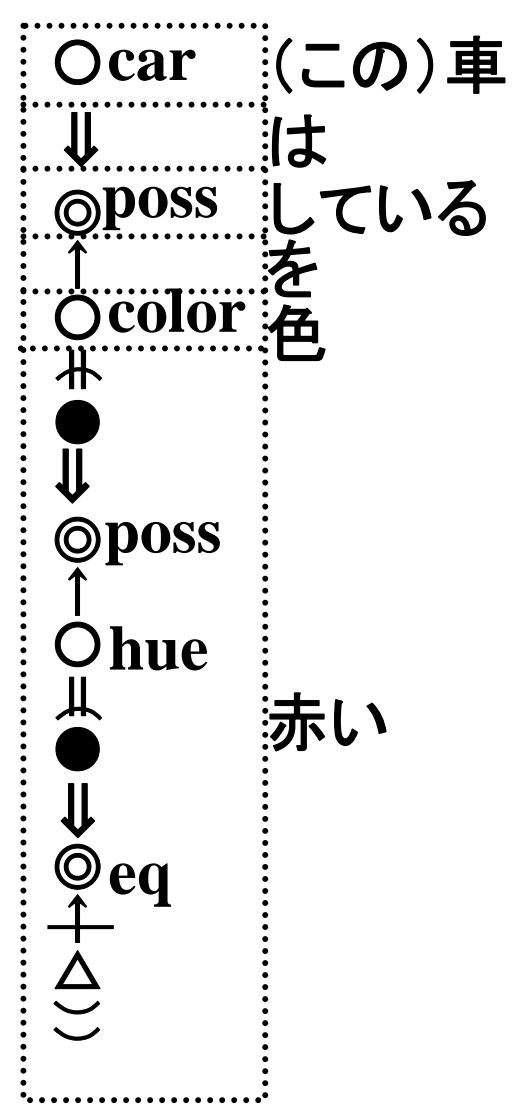
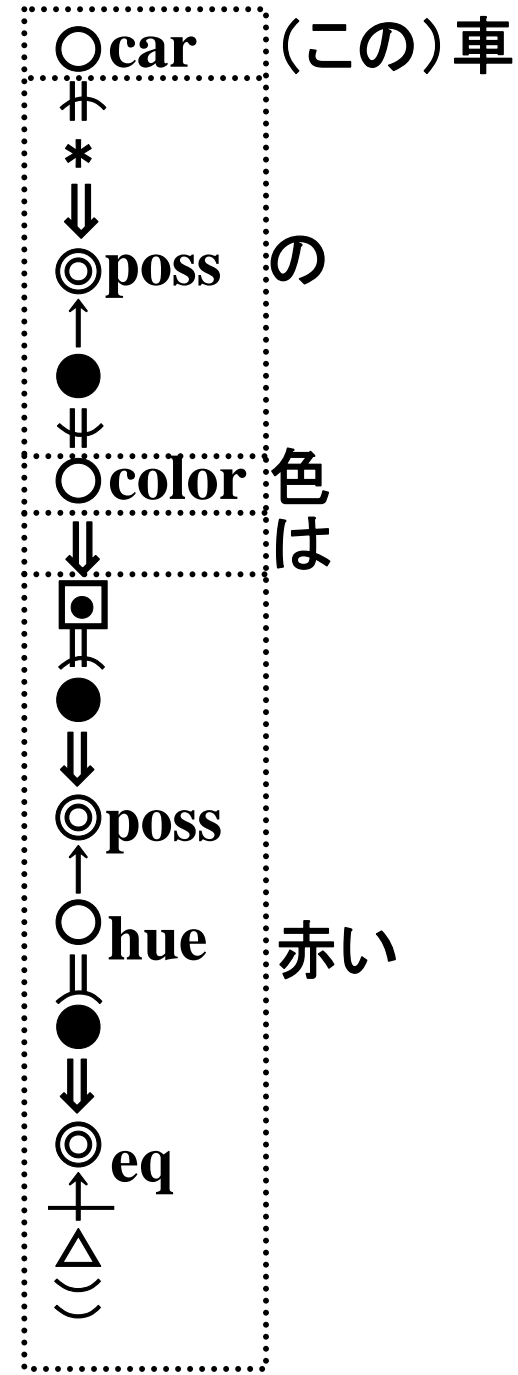
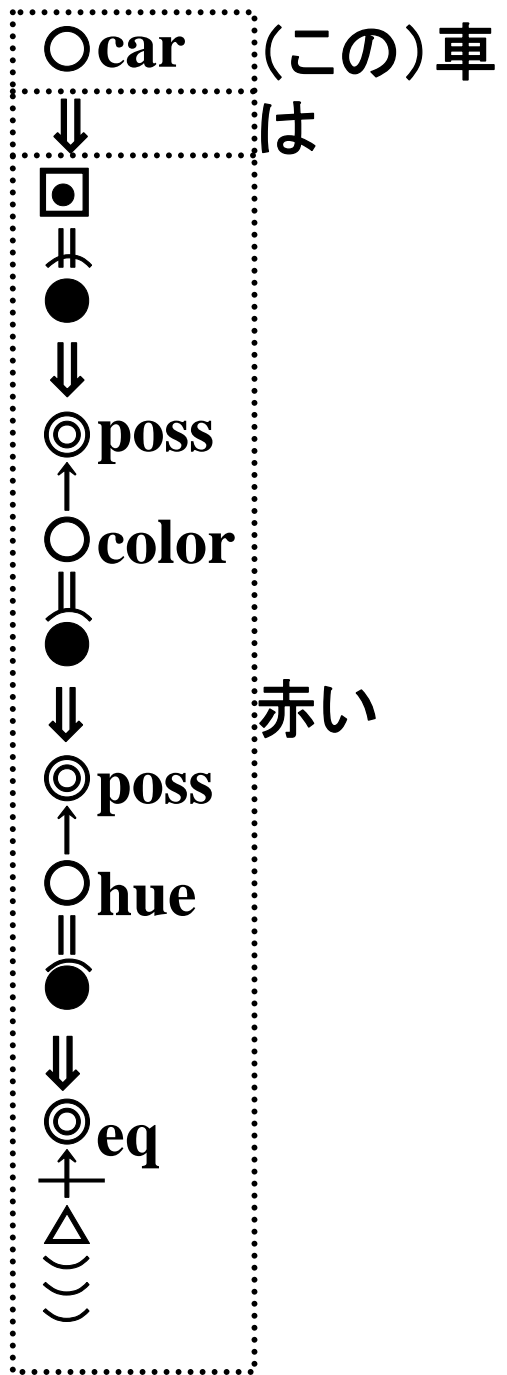


# 終止形形容詞の意味構造

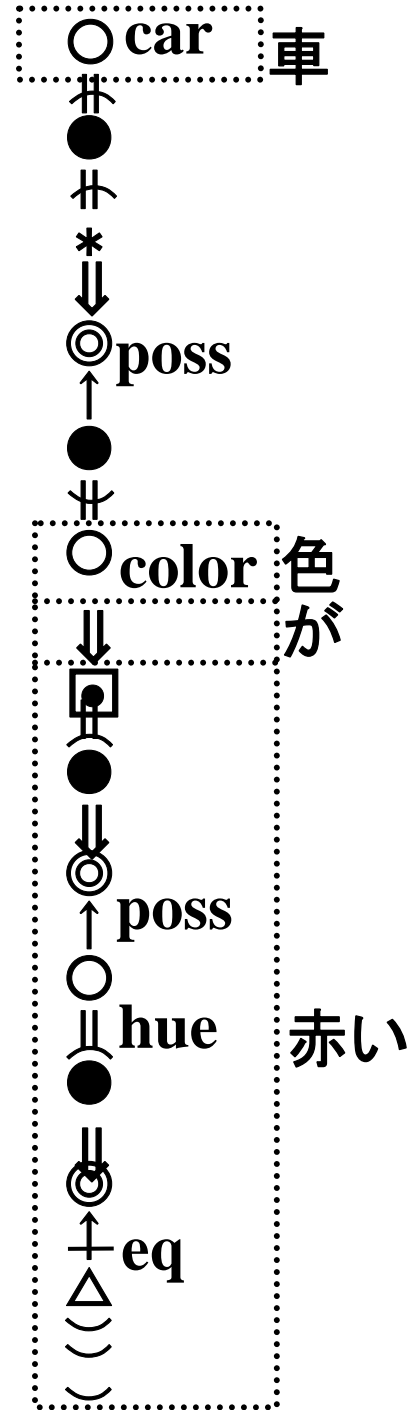
- 終止形「赤い」＝「ある」＋連体形「赤い」  
 （＝連体形「赤い」の  
 中の動詞句）

「この車は赤い。」





# 「色が赤い車」



# 形容詞の意味表現

「赤い車」

「赤い色をしている車」

「赤い色の車」

「色が赤い車」

「この車は赤い」

「この車は赤い色をしている」

「この車の色は赤い」

「この車は色が赤い」

「は」と「が」の問題

「あの木の葉の色が変わった。」

「あの木の葉は色が変わった。」

「あの木の葉は変色した。」

「あの木は葉が(紅く)変色した。」

「あの木は紅葉した。」

「象は鼻が長い。」

「僕はウナギだ。」

「浜松キャンパスの同窓会は27の支部組織を擁している。」

「浜松キャンパスは、同窓会が27の支部組織を擁している。」

「浜松キャンパスは、同窓会が、支部組織を、27(も)擁している。」

「この車の色は赤い。」

「この車は色が赤い。」

# 形容詞の意味表現

「赤い車」“a red car”

「赤い色をしている車」“ a car which has red color”

「赤い色の車」“ a car of red”

「色が赤い車」“ a car whose(thats) color is red”

「この車は赤い」“ The car is red.”

「この車は赤い色をしている」“ The car has red color.”

「この車の色は赤い」“ The color of the car is red.”

(「この車は色が赤い」)

# 汽車是紅的

- 汽車(中) = 車(日) (汽車(日) = 火車(中))
- 紅的 ~ 的 → 連体修飾を構成
  - 独創的作品
  - 詩的風景
  - 關係節が基本
- 是 英語のbe動詞に相当



# 鉄腕アトムは作れるか？ HALは作れるか？

きっとできる

そのために解明すべきことの多くは  
自然言語処理の延長上に(も)位置する。

人間の“知”を解明する一つの大きな  
手掛かりが「言語」の使用能力の解明  
である。