

# 知能ロボットの知識構築と応用

2016年9月9日

株式会社 オメガ・レゾン  
宮崎 洋彰

# 課題

ディープ・ラーニング等ニューラル・ネットワークを使用した手法に対しては結果が導かれるまでの過程を人間が理解することが非常に難しいとの意見が多く聞かれる。



処理内容が人間に理解し易く、またロボット内に構築していく知識体系も人間が適宜、モニターできる透明性のあるシステムとは？



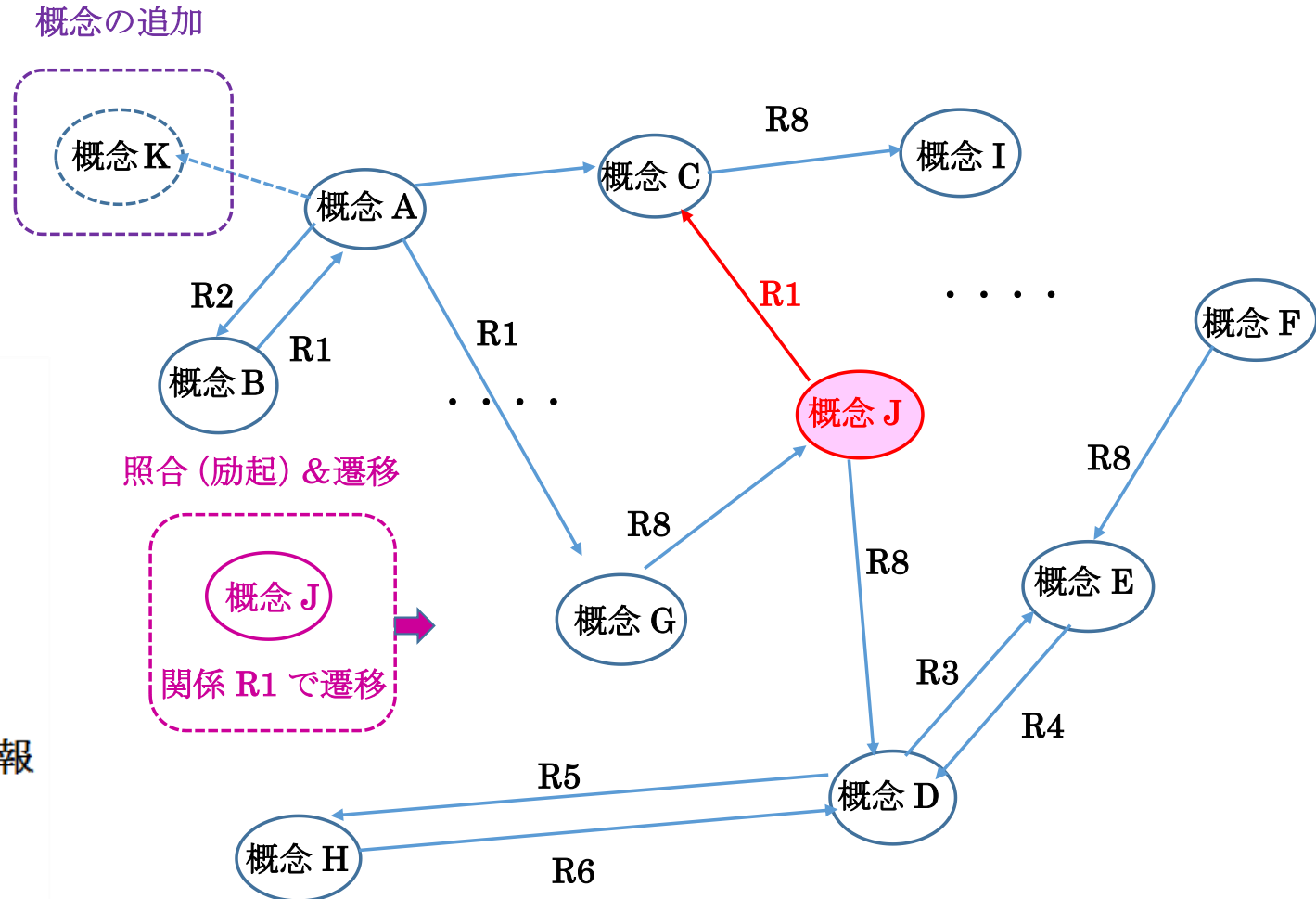
記録ユニット(概念、処理プログラム、接続関係を記録)を使用してシステムを構成し、人間の思考活動(情報の検索、処理、記録)に準じた形で記録ユニット間を遷移させ処理を進めることができるシステムについて紹介する。

# 概念 & 処理の生成と遷移

概念 & 処理を記録した記録ユニットを遷移させ、人間の思考活動に準じた処理(情報の検索、処理、記録)を実現する

## 関係性の例

- 関係 R1 : 原因
- 関係 R2 : 結果
- 関係 R3 : 概要
- 関係 R4 : 詳細
- 関係 R5 : 質問
- 関係 R6 : 回答
- 関係 R7 : 理由
- 関係 R8 : 次の情報

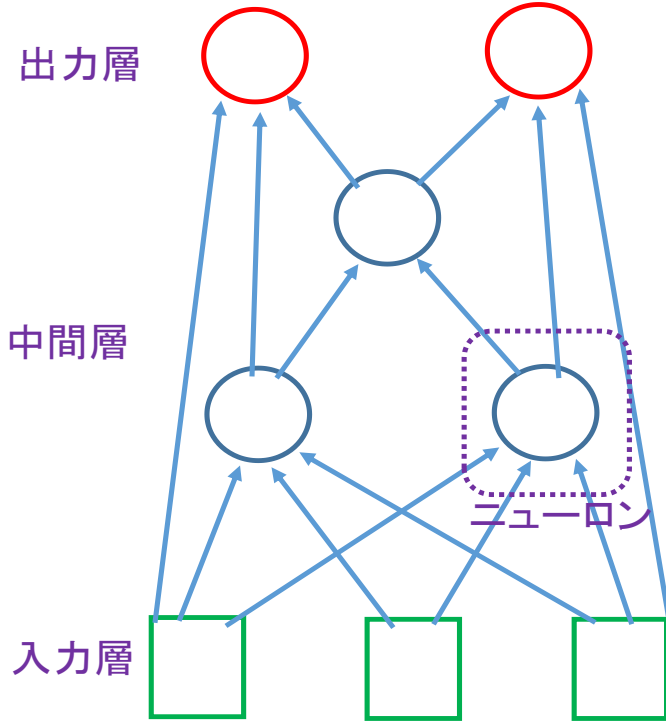


# 記録ユニットの機能(ニューラルネットワークとの比較)

[主語の修飾][主語][目的語][when][where][why][how][述語][数値列][記号列]

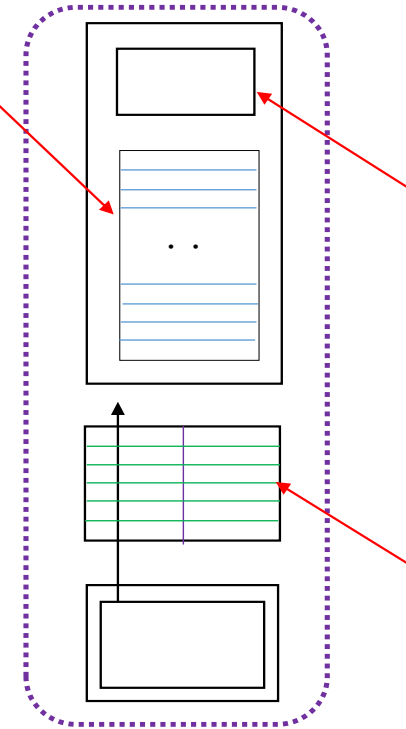
入力情報を構文解析し文要素に識別して記録

$P_i = [m_i][s_i][o_i][h_{1i}][h_{2i}][h_{3i}][h_{4i}][v_i][\text{数値列 } i][\text{記号列 } i]$



ニューロン

比較  
↔



MU

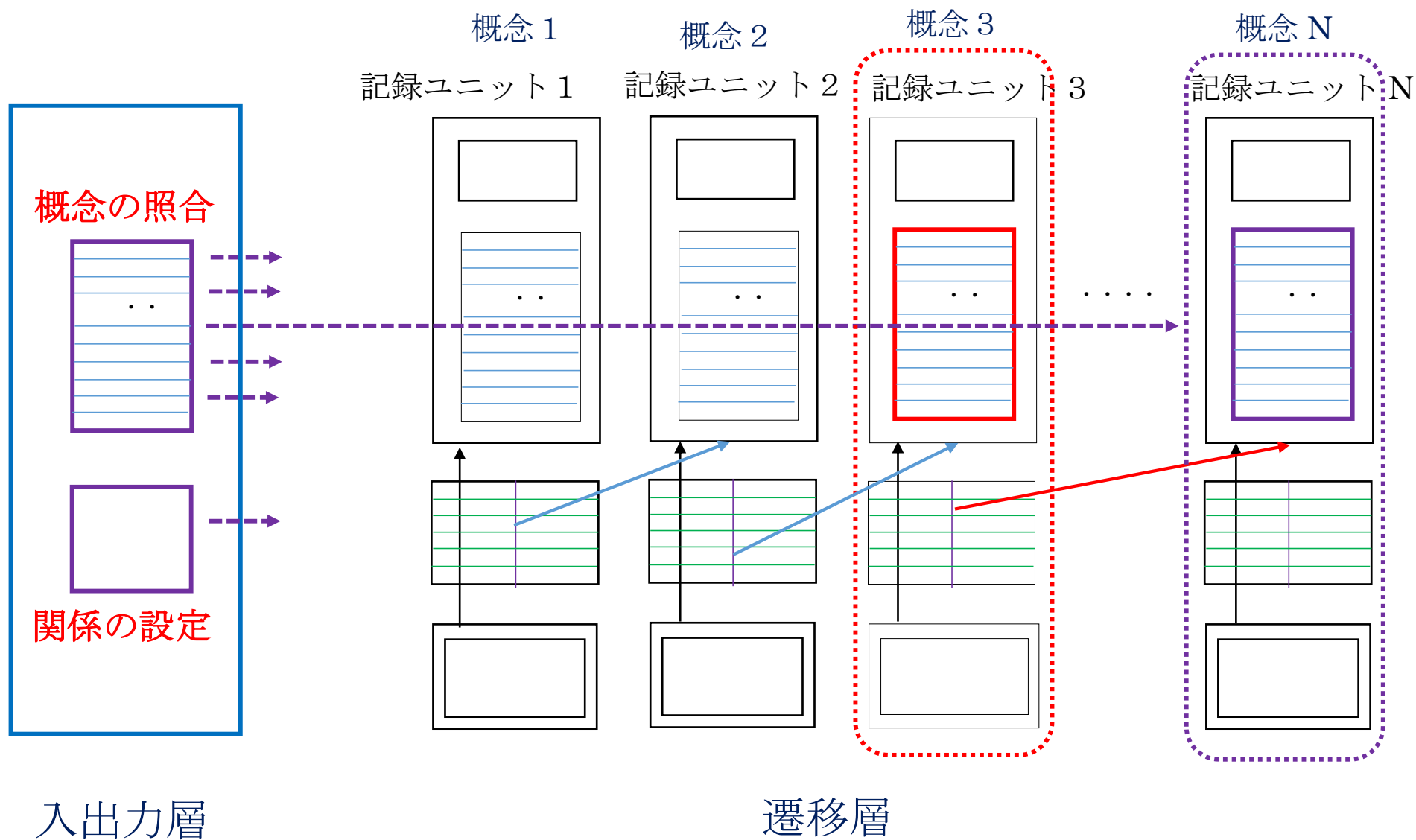
記録ユニット (MU)

処理プログラムを記録

```
if (Pi==A) {  
    Xpi :キーパラメータ検索  
    Yi=Fpi(Xpi) :処理の実施  
    Ri=Yi :結果の記録  
}
```

他の記録ユニットとの  
接続情報を記録  
(接続先、接続関係、  
出現頻度)

# 記録ユニットの遷移により思考活動を模擬

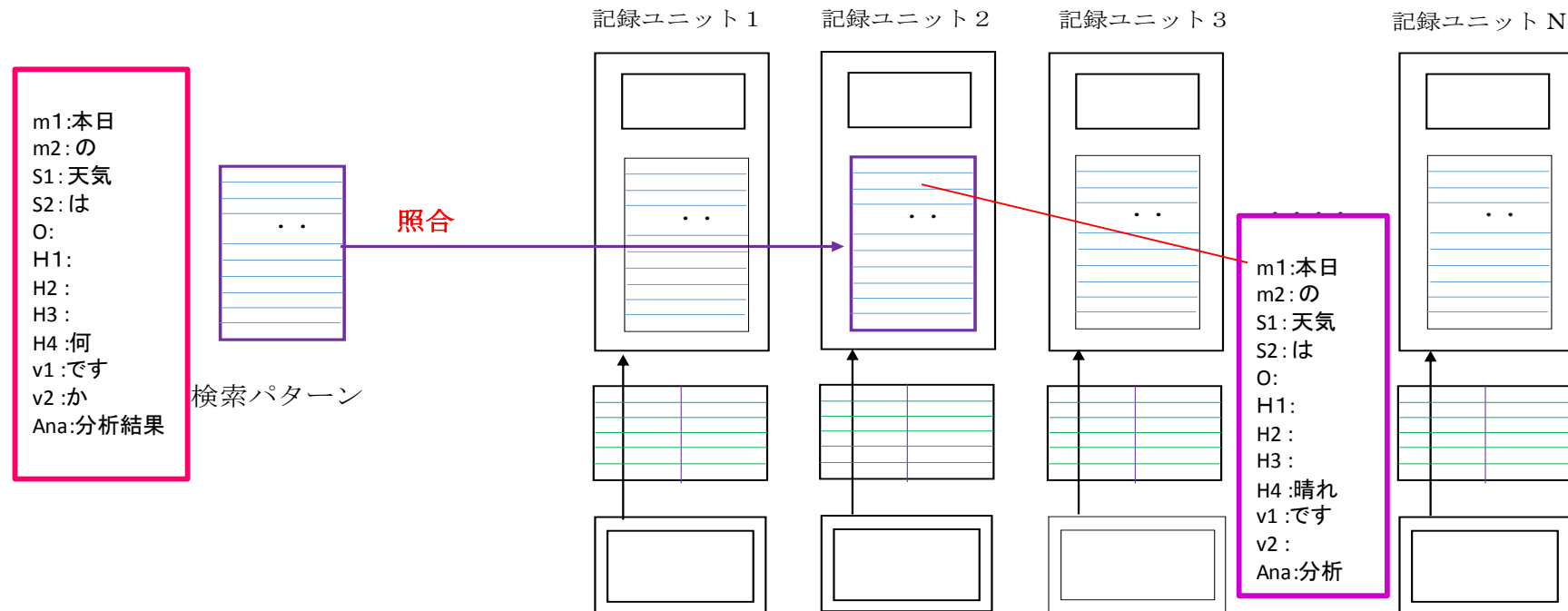


# 連想記憶システムの的に情報を検索・抽出することが可能

情報(データ)自身を使って関連情報を連想記憶的に検索することが可能  
(通常のプログラムでは情報(データ)の検索にアドレス、変数名等を使用)

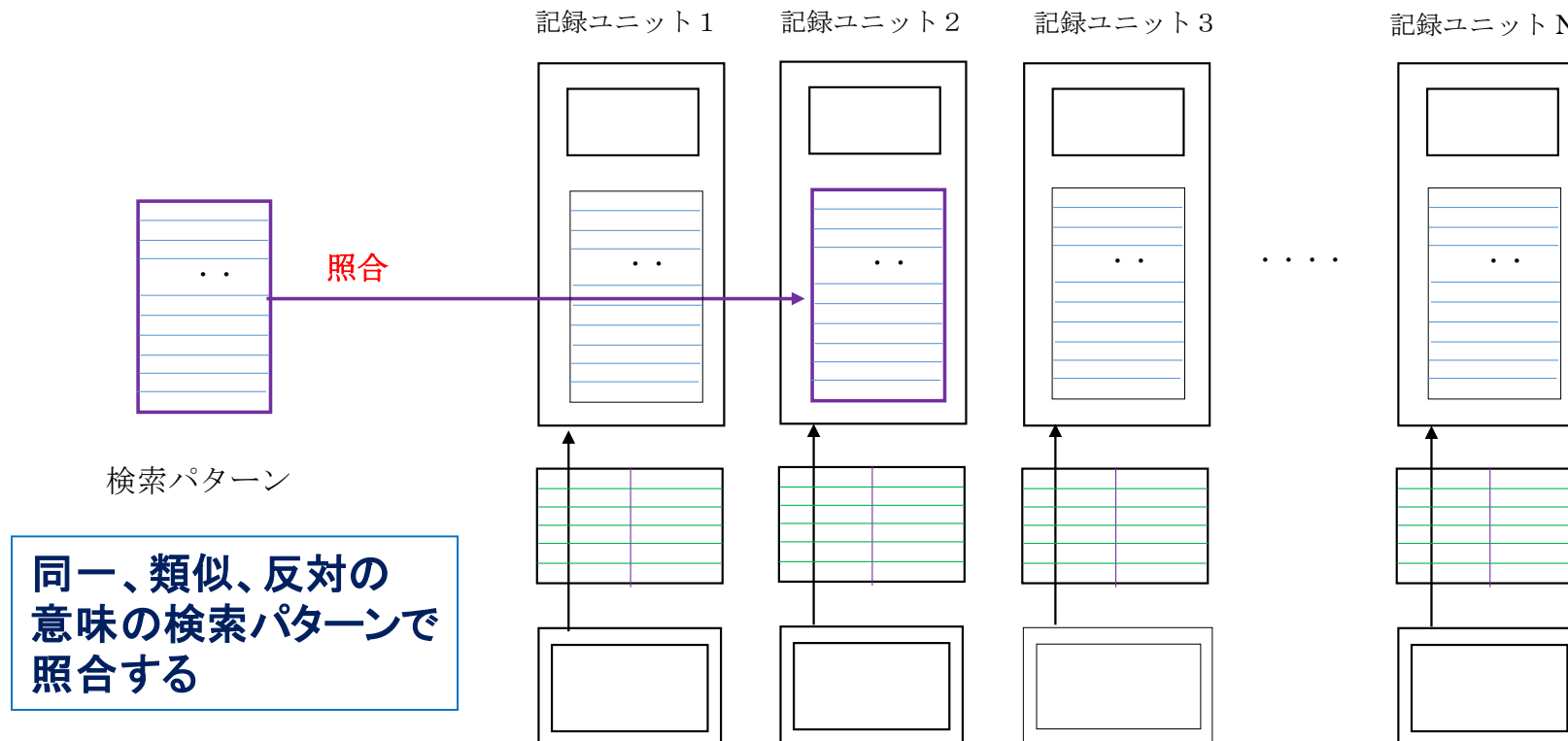
処理プログラム間における情報インタフェースが柔軟になる

記録データ:  $P_i = [m_i][s_i][o_i][h_{1i}][h_{2i}][h_{3i}][h_{4i}][v_i][\text{数値列}_i][\text{記号列}_i]$   
回答候補 :  $A = [m_0][s_0][*h_4][v_0]$   
[\*h4]の箇所の情報を抽出:  $\text{if } (P_i == A) \{ [*h_4] = [h_{4i}] \}$

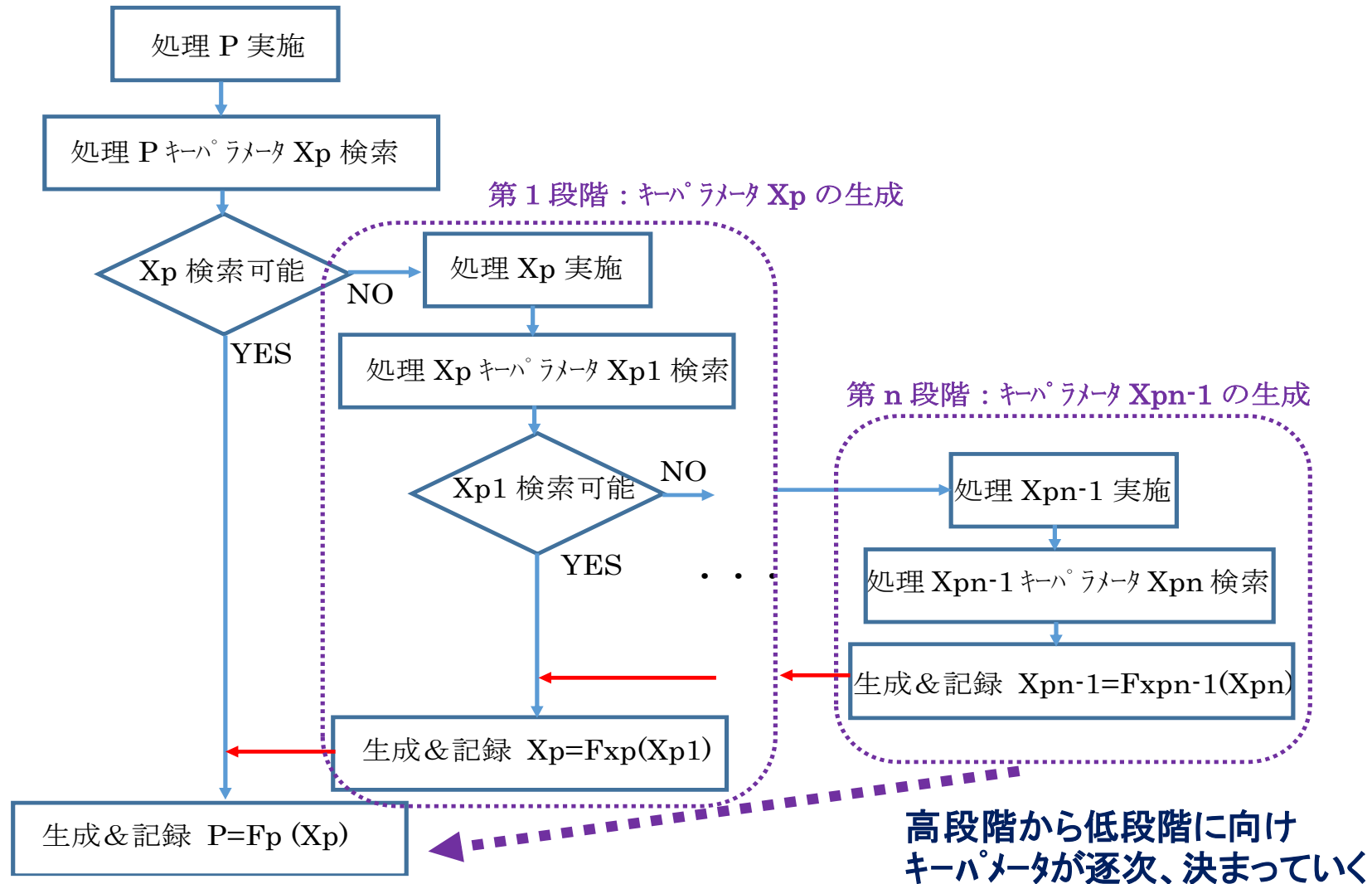


# 入力情報の評価

記録している情報との整合性(一致、不一致、一部一致等)を評価できる。  
規則等を事前にコアの知識として入力しておくことにより、後で入力する  
情報が規則に反している場合には排除することが可能である。



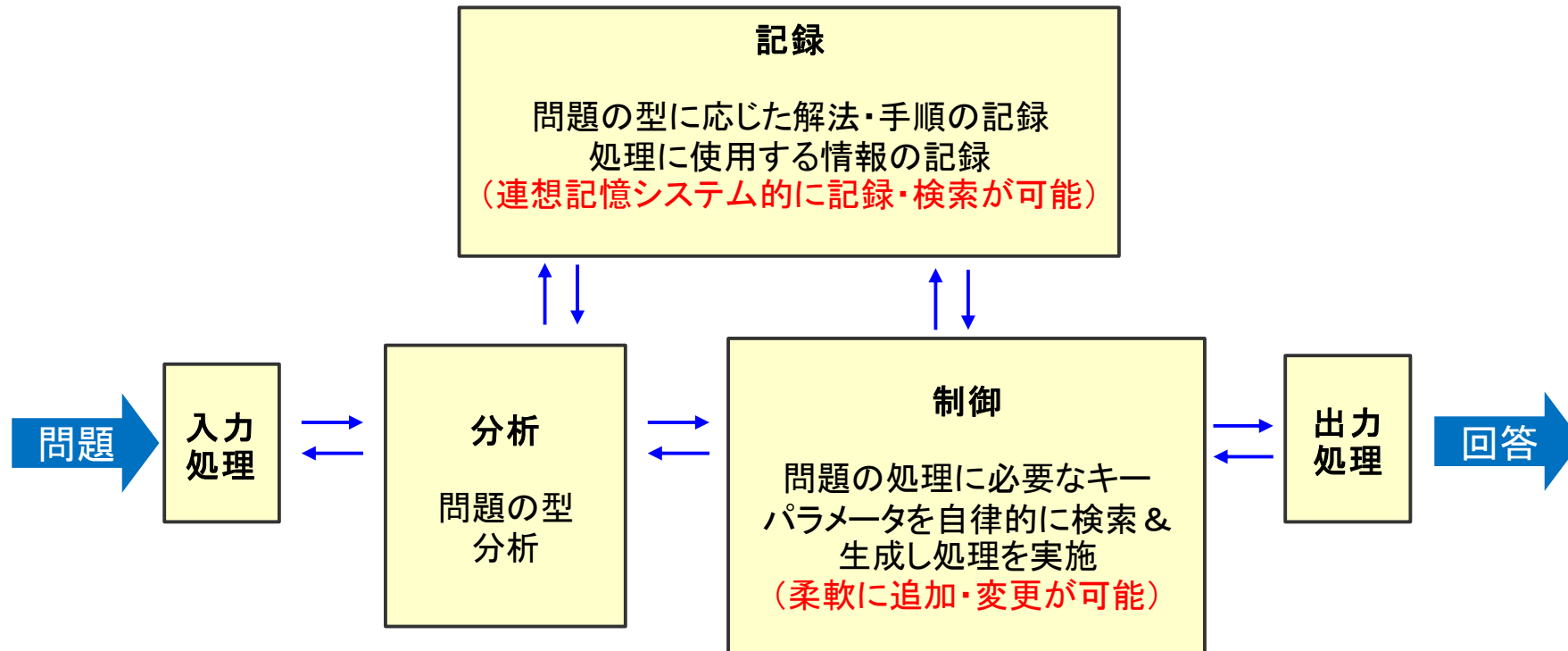
# 問題を解く上で必要なキーパラメータを自律的に検索 & 生成 (複合的な問題は展開し、基本的問題の組合せで解くことが可能)





# 応用例(知識体系の構築、問題処理)

- ・構築した知識体系を使って質問に回答することが可能
- ・特徴的な単語、文から問題の型を識別し処理を行う  
(問題解決に必要なキーパラメータを自律的に検索し処理を進めることが可能)



## 記録ユニットに記録している情報の例

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	157
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	3
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
62	62	95	95	95	95	95	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
12	12	12	12	12	12	12	-1	158
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

### 入力した情報から知識体系を構築

入力した情報を主語、主語の修飾、述語、述語の修飾(5W1H)、記号に整理&構造化し、知識体系として記録していく。  
(単語に対応する識別番号を使用)

0.8	1.5	0.3	4000	6000	8000	10000	5000
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

### 入力情報の分析および評価結果を記録

入力した情報の分析および評価結果についても整理&構造化して記録していく。  
(新しい知識として利用可能)

## 規則および道徳との比較例(1)

★★★★ 入力した知識(規則・常識)の表示 ★★★★★

横断歩道を信号が赤の時渡ってはいけない。  
横断歩道を信号が青の時渡って良い。  
盗んではいけない。  
人の物を盗んではいけない。  
虐めてはいけない。  
物を大切に  
親を大切に

★★★★ 次の文を逐次、入力した時の応答を確認する ★★★★★

横断歩道を信号が赤の時渡る。  
横断歩道を信号が青の時渡る。  
盗んではいけない。  
物を盗む。  
人の物を盗んではいけない。  
虐めてはいけない。  
虐める。  
子供を虐める。  
物を大切に  
物を粗末にする。  
信号が赤の時渡る。  
親を大切に  
人の物を盗む。  
親を粗末にする。  
粗末にする。

### 入力した情報から知識体系を構築

入力した情報を主語、主語の修飾、述語、述語の修飾(5W1H)、記号に整理&構造化し、知識体系として記録していく。

規則および道徳をベースの知識として登録

### 関連する情報を入力し評価

入力した情報を事前に登録している知識(規則、道徳)と整合性を比較し評価する。

## 規則および道徳との比較例(2)

### ★★★ 質問に対する回答の生成例 ★★★ ----- 質問文および回答文 -----

io= 22 : 入力文「横断歩道を信号が赤の時渡って良い」  
io= 0 : 「横断歩道を信号が赤の時渡ってはいけない」  
  
io= 23 : 入力文「横断歩道を信号が青の時渡って良い」  
io= 1 : 「横断歩道を信号が青の時渡って良い」  
  
io= 24 : 入力文「盗んではいけないか」  
io= 2 : 「盗んではいけない」

**知識を利用して質問に回答**  
質問を入力すると知識から回答を生成することが可能である。

### ★★★ 基準とする知識による入力情報の評価例 ★★★ ----- 入力文の評価 ----- 入力文 -----

7 : 規則と不整合  
io= 7 : 入力文「横断歩道を信号が赤の時渡る」  
8 : 規則と整合  
io= 8 : 入力文「横断歩道を信号が青の時渡る」  
9 : 規則と整合  
io= 9 : 入力文「盗んではいけない」  
10 : 規則と不整合  
io= 10 : 入力文「物を盗む」  
11 : 規則と整合  
io= 11 : 入力文「人の物を盗んではいけない」  
12 : 規則と整合  
io= 12 : 入力文「虐めてはいけない」  
13 : 規則と不整合  
io= 13 : 入力文「虐める」  
14 : 規則と不整合  
io= 14 : 入力文「子供を虐める」  
15 : 道徳と整合  
io= 15 : 入力文「物を大切にする」  
16 : 道徳と不整合  
io= 16 : 入力文「物を粗末にする」  
17 : 規則と不整合

**知識との整合性を評価**  
関連する情報を入力すると記録している知識との整合性を評価することも可能である。

★★★★ 入力した知識（菜根譚）の表示 ★★★★★

道德を守り抜く人は一時的には不遇で悲しい境地となる。  
権勢に阿る人は一時的には栄えるとしても、  
結局は痛ましく寂しい境遇となる。  
達人は世俗の外の物を見る。  
死後にも続く永遠の命を思う。  
一時的には不遇であるとしても、  
永遠に痛ましさが続くような道を選んではいけない。  
世間を渡っていく時に関わりが適度に浅ければ、  
悪習に染まることも浅い。  
逆に世事に深く立ち入れば、  
謀の心も深くなっていく。  
だから君子は世事に熟達しているよりも、  
むしろ素朴でほんやりしているくらいが良い。  
あまりに慎み深いよりも、  
むしろ世事に疎いくらいが良い。  
君子の心の持ちようは全てを他人に曝け出すようにする。  
また君子の才能は他人に容易に知られないようにする。  
権勢については近づかない人を潔白とする。  
しかし近づきながらも染まらない人は更に潔白な人である。  
権謀術数については知らない人を高尚な人とする。  
しかし知りながらも用いない人は更に高尚な人である。  
聞きづらい諫言をいつも耳に聞く。  
受け入れがたいことがいつも心にある。  
それで道德に進み、  
行動を正しくする。  
もし事が心に全て快適であれば、  
人生を猛毒の中に埋没させるようなものである

★★★★ 課題1：次の質問を入力し回答を確認する ★★★★★

権勢についてはどのようにするか。  
近づきながらも染まらない人は何か。  
権謀術数についてはどのようにするか。  
知りながらも用いない人は何か。  
聞きづらい諫言をどのようにするか。

## 処世訓との比較例(1)

### 入力した情報から知識体系を構築

入力した情報を主語、主語の修飾、述語、述語の修飾(5W1H)、記号に整理&構造化し、知識体系として記録していく。単語および記号を組合せて連想的に情報を記録および検索することができる。  
(左記は処世訓の名著である「菜根譚」を知識の例として入力したもの)

## 処世訓との比較例(2)

io= 11: 「だから君子は世事に熟達しているよりも」  
io= 12: 「むしろ素朴でぼんやりしているくらいが良い」

io= 13: 「あまりに慎み深いよりも」  
io= 14: 「むしろ世事に疎いくらいが良い」

io= 39: 入力文「世事に深く立ち入れば」  
io= 40: 入力文「どうなるか」  
io= 9: 「世事に深く立ち入れば」  
io= 10: 「謀の心も深くなっていく。」

io= 41: 入力文「君子の心の持ちようはどの様にするか」  
io= 15: 「君子の心の持ちようは全てを他人に曝け出すようにする」

io= 42: 入力文「君子の才能はどの様にするか」  
io= 16: 「君子の才能は他人に容易に知られないようにする」

io= 43: 入力文「知りながらも用いない人は何か。」  
io= 20: 「知りながらも用いない人は更に高尚な人である。」

**知識を利用して質問に回答**  
質問を入力すると知識から回答を生成することが可能である。

★★★ 基準とする知識による入力情報の評価例 ★★★  
入力文の評価 ----- 入力文 -----

44: 人生訓と整合  
io= 44: 入力文「君子の心の持ちようは全てを他人に曝け出すようにする」  
45: 人生訓と整合  
io= 45: 入力文「道徳を守り抜く人は一時的には不遇で悲しい境地となる」  
46: 人生訓と不整合  
io= 46: 入力文「君子の心の持ちようは全てを他人に曝け出さないようにする」  
47: 人生訓と整合  
io= 47: 入力文「永遠に痛ましさが続くような道を選んではいけない」  
48: 人生訓と不整合  
io= 48: 入力文「永遠に痛ましさが続くような道を選ぶ」  
49: 人生訓と整合  
io= 49: 入力文「死後にも続く永遠の命を思う」  
50: 人生訓と不整合  
io= 50: 入力文「君子の才能は他人に容易に知られるようにする」

**知識との整合性を評価**  
関連する情報を入力すると記録している知識との整合性を評価することも可能である。

# 問題の処理例(比重)

構文分析および関連情報の抽出

主語 (代名詞、名詞、記号、何) + (は、が、も)  
 主語の修飾 名詞+の+(代名詞、名詞、何) + (は、が、も)  
 主語の修飾 (代名詞+名詞+記号) +の+名詞+ (は、が、も)  
 質問 何+です+か

処理状況の表示  
 処理状況: 比重を求める問題検出  
 処理状況: 比重を求めるプログラム起動  
 処理状況: 重さ情報の条件検出1  
 処理状況: 重さ情報の検出 4  
 処理状況: 体積情報の条件検出2  
 処理状況: 体積情報の検出2 8  
 処理状況: 比重(数値) = 0.5

回答 物体d の比重は0.5です

## 入力した問題を分析し回答を生成(数式処理の例)

入力した問題を分析し、問題の型を識別する。  
 問題の型に応じて処理プログラムを起動し  
 問題を解く上で必要なキーパラメータを自律的に  
 検索しながら処理を進めて解を求めていく。

(左記は物体の比重を求める問題の処理例)



質問	(助動詞、自動詞、他動詞、形容詞、形容動詞) +か	質問	何+です+か	
346	基:	58	40	基準の文
105	物体d	2	22	主語の修飾
97	の	12	22	主語の修飾
110	比重	2	1	主語
1	は	11	1	主語
6	何	23	6	H4(how)
12	です	5	26	述語
4	か	22	26	述語
5	.	21	26	述語

## 入力文を分析し必要な処理の型を識別

入力文を分析し平常文、疑問文、命令文等の識別  
 を実施し、文の種類に応じた処理を実施していく。

- 平常文: 有用な情報の抽出と記録
- 疑問文: 質問に対する回答生成
- 命令文: 命令・依頼に対する対応

# 問題の処理例(ボールの飛距離)

構文分析および関連情報の抽出

主語 (代名詞、名詞、記号、何) + (は、が、も)  
 主語の修飾 名詞+の+(代名詞、名詞、何) + (は、が、も)  
 主語の修飾 (代名詞+名詞+記号) +の+名詞+ (は、が、も)  
 6 質問 何+です+か

処理状況の表示  
 処理状況: 飛距離を求める問題検出  
 処理状況: 飛距離を求めるプログラム起動  
 処理状況: 初速検索起動  
 処理状況: 迎角検索起動  
 処理状況: 初速情報の検出  $v = 10 \text{ m / s}$   
 処理状況: 迎角情報の検出  $t = 45 \text{ deg}$   
 処理状況: 飛距離の導出 (数式)  $v * v * \sin 2*t / g$   
 処理状況: 飛距離の導出 (数値) 10.2041 m  
 AN36 回答: 飛距離は 10.2041 mです

## 入力した問題を分析し回答を生成(数式処理の例)

入力した問題を分析し、問題の型を識別する。  
 問題の型に応じて処理プログラムを起動し  
 問題を解く上で必要なキーパラメータを自律的に  
 検索しながら処理を進めて解を求めていく。

(左記はボールの飛距離を求める問題の処理例)



7 質問 (助動詞、自動詞、他動詞、形容詞、形容動詞) +か  
 4 質問 何+です+か

346	基:	58	40	基準の文
119	ボール	2	22	主語の修飾
97	の	12	22	主語の修飾
200	飛距離	2	1	主語
1	は	11	1	主語
6	何	23	6	H4(how)
12	です	5	26	述語
4	か	22	26	述語
5	。	21	26	述語

## 入力文を分析し必要な処理の型を識別

入力文を分析し平常文、疑問文、命令文等の識別  
 を実施し、文の種類に応じた処理を実施していく。

- 平常文: 有用な情報の抽出と記録
- 疑問文: 質問に対する回答生成
- 命令文: 命令・依頼に対する対応



## まとめ

- ・記録ユニットに入力情報(概念)をテキスト入力することにより知識体系を構築していくことが可能である。(既存の情報を容易に知識に変換できる。また知識体系をカスタマイズすることができる。)
- ・構築した知識体系を活用して入力情報の評価(入力した規則、道德等との整合性確認)を実施することが可能である。
- ・記録ユニットに格納した処理プログラム機能を活用すると、入力した情報から特徴的な単語、文要素を検出して問題の型を識別し、識別した問題を処理するために必要な手順およびキーパラメータを自律的に検索して処理を実行することが可能である。
- ・今後、本方式をベースに処理プログラムのライブラリ化を行い、様々な問題・課題に対応できるシステムに更新していく予定である。