

知識工学

第五回 推論による問題解決

コメント



<http://papapac.com/post.php?room=知識情報工学citns>



コメントを投稿したい人

教えてもらった部屋名を入れてね

知識情報工学citns

入室



知識情報工学citnsの部屋

コメント送信

コメントは部外者にも見られる可能性があります。個人情報などは送信しないでください。



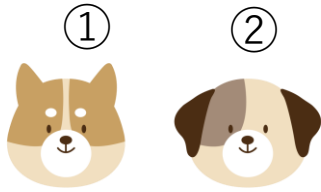
レビューシートへの返答

- 二階述語論理が難しかった.
 - 次のスライドで補足説明をします.
- 論理を使って本格的に会話が成立するようになるか.
 - 論理形式は, 固定知識かつ領域限定の問い合わせに有効.
 - 自由記述は, DLでSQuAD等のデータセットを使って精度を競っている.
 - <https://ai-scholar.tech/articles/treatise/drop-ai-202>
 - <https://udemy.benesse.co.jp/data-science/ai/bert.html>
- 過去資料がほしい

一階・二階述語論理の補足

一階述語論理

- 量化して扱うのは
個体のみ
- 述語記号はカウントできない



\forall 犬, 哺乳類 (犬)
哺乳類(ポチ)

二階述語論理

- 述語記号もカウントできるものとして扱う

① ②
哺乳類(x) 魚類(x)

- 集合Sは, 哺乳類(x)と
魚類(x)の2つから成る
 $S \{ \text{哺乳類}(x), \text{魚類}(x) \}$
- この集合Sを使ったものが二階述語論理の命題.

三階

- 集合Sも
カウント
できる

S_1, S_2, \dots

→ 高階述
語論理へ

面白かった
(偶数)



もっと知りたい
(偶数)



面白かった
(奇数)

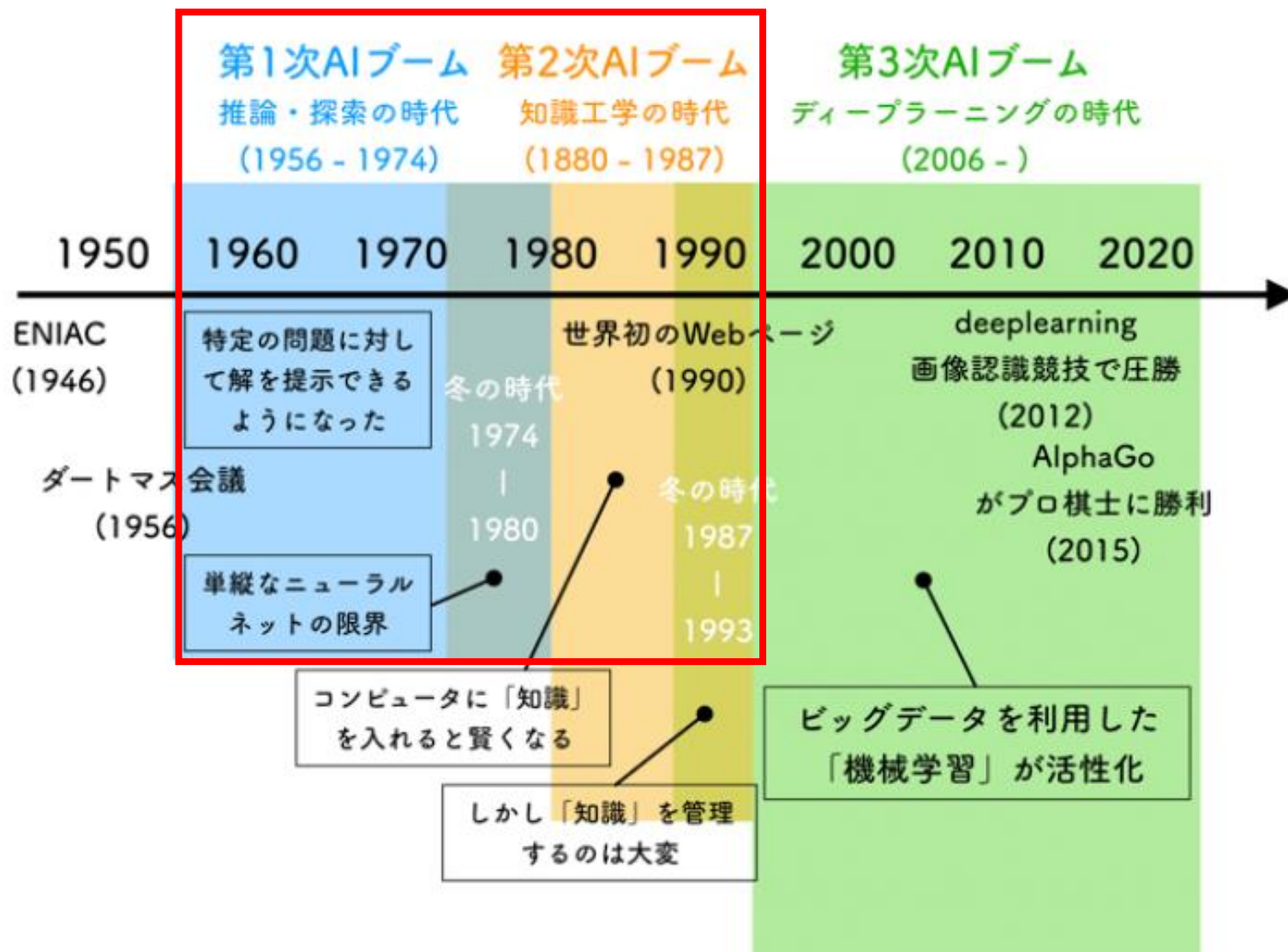


もっと知りたい
(奇数)

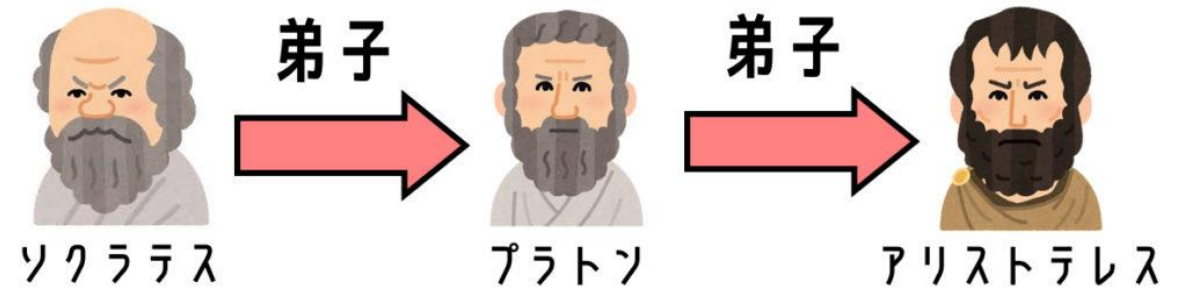


今日の内容

- 第一次AIブームから続く推論の概要と発展を学ぶ
- 基礎的なものであるため、現在でも活用されている



推論とは



- すでに知っていることを元に，未知の事を予想して論じる事
- 紀元前に，アリストテレスが**三段論法**を提唱した.
- 三段論法は前提から一つの新たな結論を導く手法である.
「AはBである. また，BはCである. よってAはCである. 」

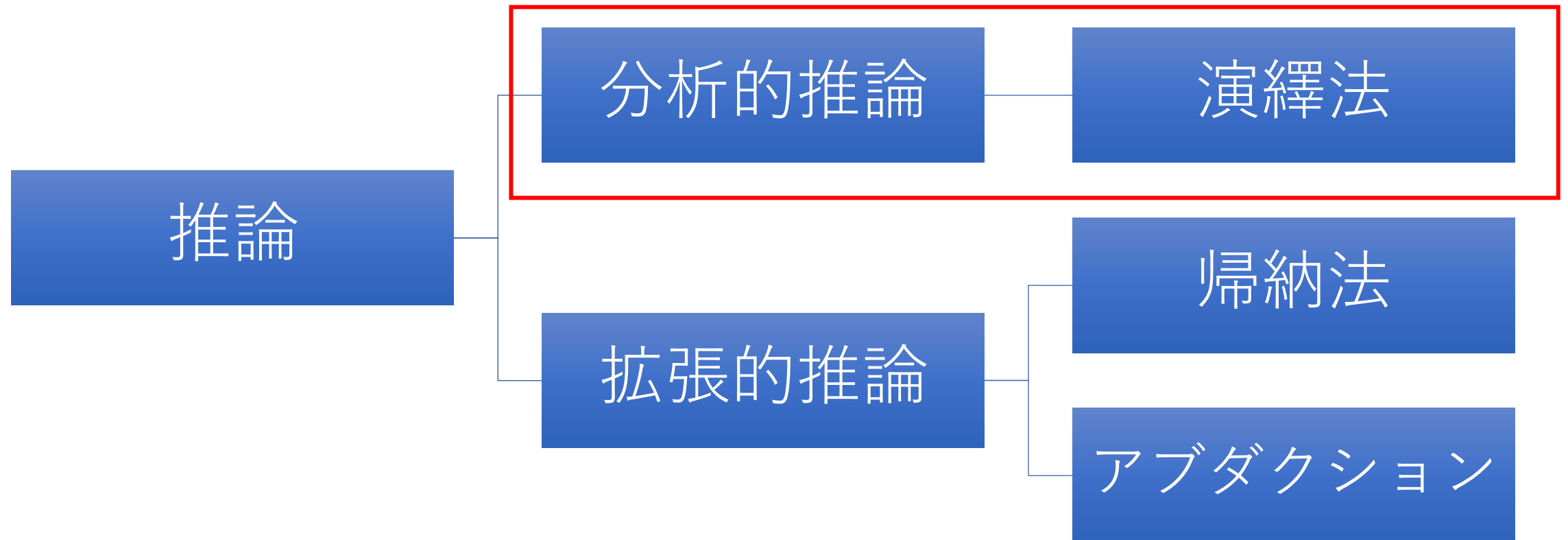
パースによる分類

19世紀, C.S.パースが推論における3パターンを提唱



パースによる分類

19世紀, C.S.パースが推論における3パターンを提唱



演繹法

- 普遍的な法則があり，個別の事柄に当てはめて結論を導く



仮説(一般論)

全ての人間は、いつか死ぬ

ソクラテスは人間だ。



人間であるソクラテスは
「いつか死ぬ」という条件
に当てはまる。

演繹法

- 普遍的な法則があり，個別の事柄に当てはめて結論を導く



仮説(一般論)

全ての人間は、いつか死ぬ

ソクラテスは人間だ。

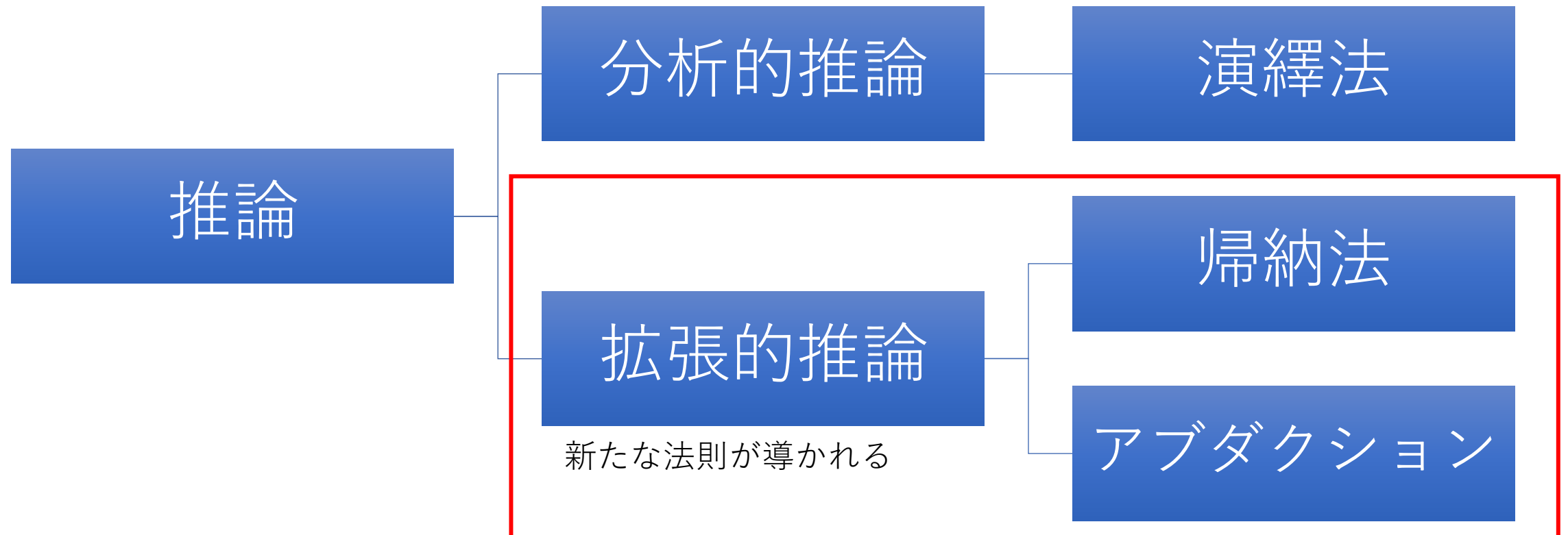


人間であるソクラテスは
「いつか死ぬ」という条件
に当てはまる。

ソクラテスはいつか死ぬ。

パースによる分類

19世紀, C.S.パースが推論における3パターンを提唱



帰納法

- 個別の事柄から，普遍的な法則を導く



個別の事象

ソクラテスはいつか死ぬ

プラトンはいつか死ぬ

アリストテレスはいつか死ぬ



帰納法

- 個別の事柄から、普遍的な法則を導く



個別の事象

ソクラテスはいつか死ぬ

プラトンはいつか死ぬ

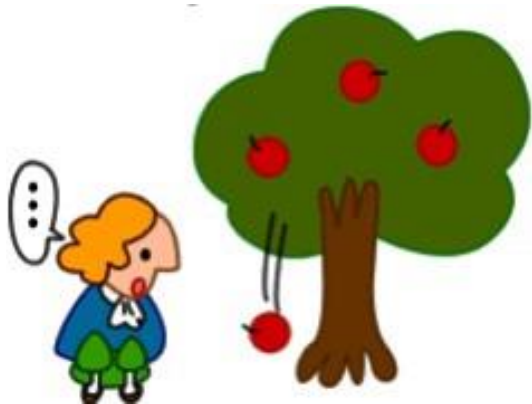
アリストテレスはいつか死ぬ



人間はいつか死ぬ（一般論）

アブダクション

- アブダクションは、その事象を説明できる法則（仮説）を生み出す



個別の事象

りんごAは木から落ちた

りんごBは木から落ちた

りんごCは木から落ちた



帰納法：

アブダクション：

アブダクション

- アブダクションは、その事象を説明できる法則（仮説）を生み出す



個別の事象

りんごAは木から落ちた

りんごBは木から落ちた

りんごCは木から落ちた



帰納法：りんごは木から落ちる

アブダクション：

アブダクション

- アブダクションは、その事象を説明できる法則（仮説）を生み出す



個別の事象

りんごAは木から落ちた

りんごBは木から落ちた

りんごCは木から落ちた



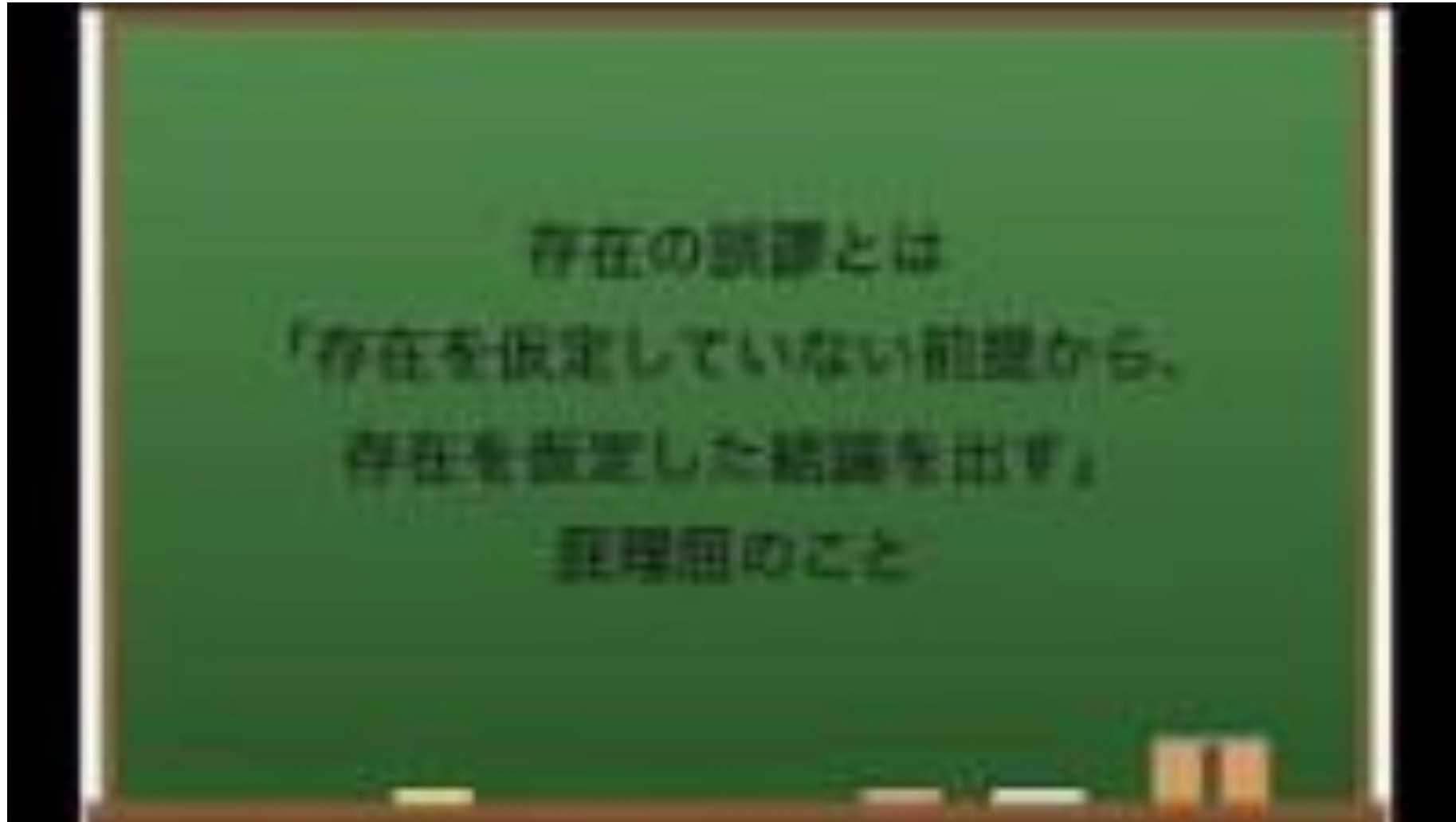
帰納法：りんごは木から落ちる

アブダクション：万有引力があるかも

推論のまちがい（誤謬，ごびゅう）

- 意図した誤謬は，「詭弁」と呼ばれる.
- 形式的：論理構造に問題がある.
「魚にはひれがある． この生物にはひれがある． 従って魚である．」
→くじらの存在によって誤謬.
- 非形式的：論理形式ではないが問題がある.
「アイスの売上と溺死者は相関がある． よってアイスを規制せよ」
「バスケットをする人は背が高い． よって，バスケットで背を伸ばせる」

存在の誤謬について



練習問題

観測された事実

- 東京の人の平均収入は高い
- 神奈川の人の平均収入は高い
- 大阪の人の平均収入は高い

1. 観測事象から，一般的な法則を結論として導くことをなんというか
2. 帰納法によって，これらから導ける結論はなにか
3. アブダクションによって，どのような仮説が導けるか

仮説の選択

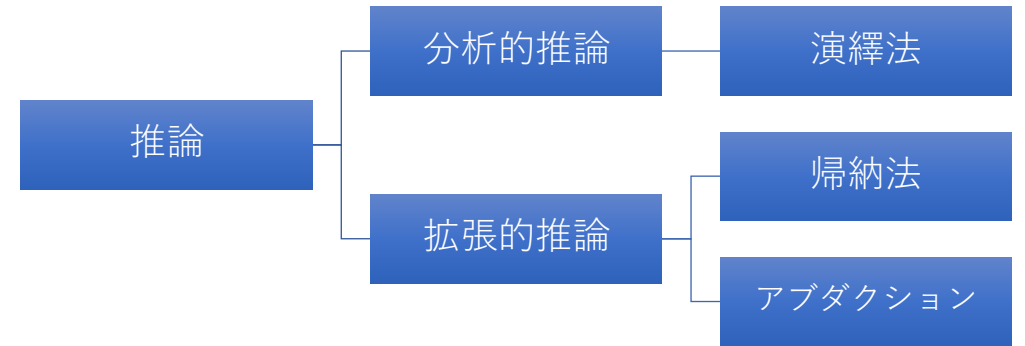
アブダクションでは仮説を生成するが，複数生まれた仮説の集合から適切なものを選択する．

知識集合を K ，仮説集合を H ，観測された事実を示す論理式を p とする．

- $K \not\models p$ かつ $K \vee \{h_i\} \vdash p$ （知識では説明不可だが，仮説で説明できる）
 - ただし $K \vee \{h_i\}$ は無矛盾（知識と仮説が矛盾しない）
- を満たす $\{h_i\} \subseteq H$ を見つける．

ここで「 \vdash 」は証明することを意味し，「 $\not\models$ 」は証明不可を示す．

推論の自動化



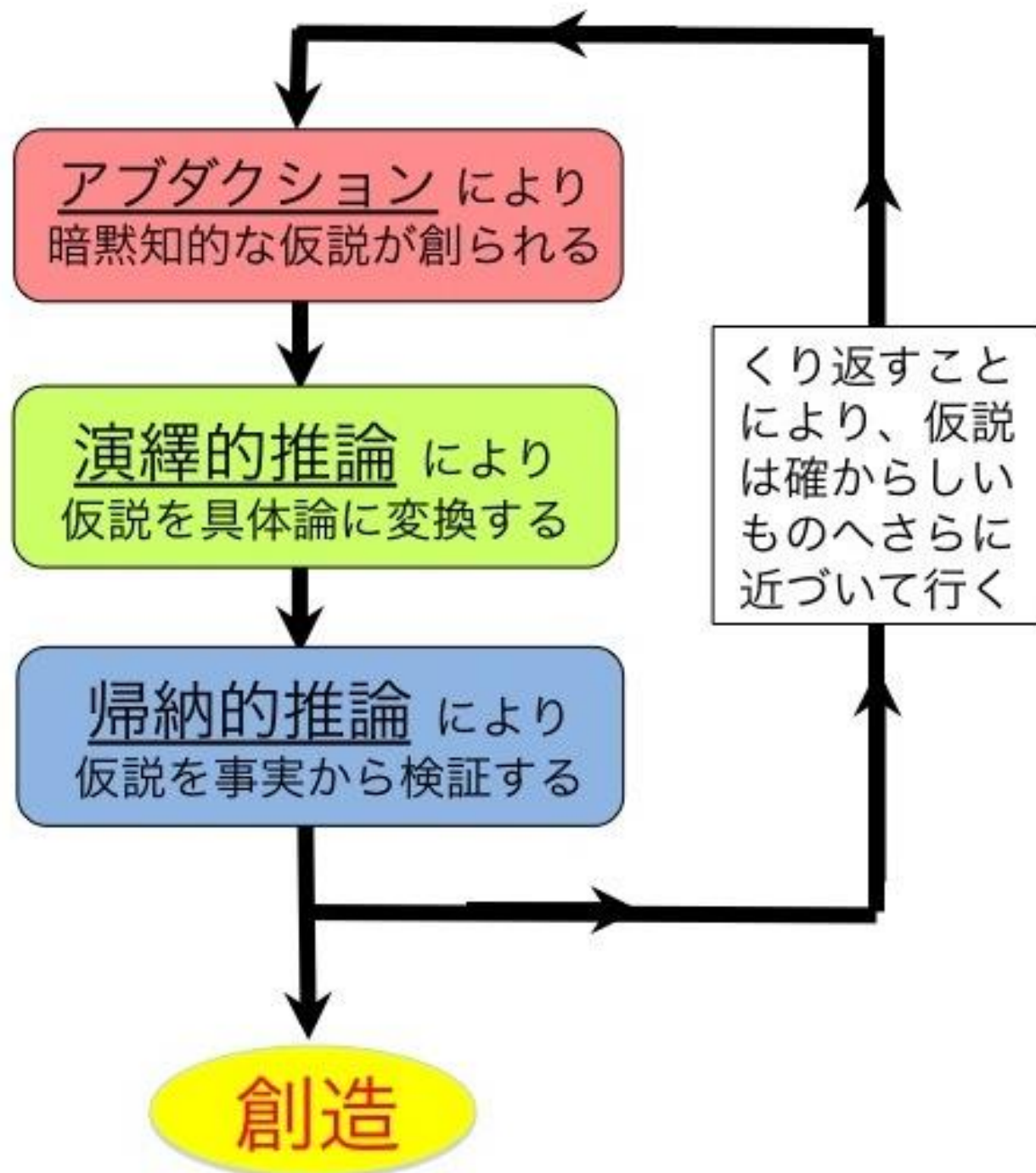
- コンピュータ上で行うためには、推論をアルゴリズム化することが必要である
- 1960年代には導出原理が提案され、述語論理を用いた背理法による証明が盛んとなった
- しかし、演繹法以外の推論研究は大きく遅れている。帰納法やアブダクションのように新たな普遍的法則や仮説を導くのは難しい。

科学の プロセス


創造のプロセス

「科学」の方法論

C. S. Peirce
(1839–1914)



休憩



常識推論

- 不完全な知識をもとに，常識的な知識から結論を導く．
- ただし，完璧な結論とは限らない．

非単調性：知識が追加されることで，これまでの結論や理論が棄却される性質

例) 関西の電力ネットワークは頑健である．
だから関西では大規模停電は発生しない，という結論
⇒ 停電が実際に発生したとき，この結論は棄却される



デフォルト 推論

「鳥は通常空を飛ぶ」という知識だけだと、ペンギンも空を飛べてしまう。

その場合、どのようにすれば「ペンギンは飛ばない」と判断できるようになるだろうか。

デフォルト推論

解決策 1：優先度をつけて推論する.

「ペンギンは空を飛べない」を優先して推論を行う

解決策 2（デフォルト推論）：例外知識を加え、それ以外はデフォルトに従うとする.

述語に対するデフォルトを、どう設定するかによって種類が分けられている.

優先順位



1: ペンギンは飛ばない
1: クジラは水中で生きる
2: 鳥は飛ぶ
2: 哺乳類は陸上で生きる

デフォルト

鳥は飛ぶ
哺乳類は陸上で生きる

例外知識

ペンギンは特殊な鳥
クジラは特殊な生き物

サーカムスクリプション（極小限定）

$$\text{Bird}(x) \wedge \underline{\neg \text{Abnormal}(x)} \rightarrow \text{Fly}(x)$$



デフォルトでAbnormalを偽（否定）とする．つまり通常は正常となるため，異常とする範囲を最小限にできる．

デフォルト

$$\text{異常でない} \rightarrow \text{Fly}(x)$$

何も知識がなければ，Abnormalを**偽**（ $\neg \text{Abnormal}$ が真）とみなす．

例外のとき

$$\text{異常である} \rightarrow \neg \text{Fly}(x)$$

例外知識があれば，Abnormalを**真**（ $\neg \text{Abnormal}$ が偽）とみなす．

別途Abnormal(penguin)などの宣言が必要

練習問題

- 以下の論理式について, ①右辺を記号を使った日本語で表現せよ. ②K, P, Qに以下の解説を入れた日本語で右辺を表現せよ.

$$\text{Circ}(K) = K \wedge \forall x(P(x) \rightarrow Q(x)) \rightarrow \forall x(Q(x) \rightarrow P(x))$$

Circ(x)は, xに対するサーカムスクリプション

Kは個体を示す定数 (ここではペンギンと考えよ)

Pはペンギンであることを示す. QはAbnormalを示す.

練習問題

- 以下の論理式について，①右辺を記号を使った日本語で表現せよ．②K, P, Qに以下の解説を入れた日本語で右辺を表現せよ．
- $\text{Circ}(K) = K \wedge \forall x(P(x) \rightarrow Q(x)) \rightarrow \forall x(Q(x) \rightarrow P(x))$
- $\text{Circ}(x)$ は， x に対するサーカムスクリプション
- Kは個体を示す定数（ここではペンギンと考えよ）
- Pはペンギンであることを示す．QはAbnormalを示す．

①「Kであり，全ての x について，PならばQのとき，QならばPである．」

②「ペンギンであり，ペンギンならばAbnormalの時，Abnormalならばペンギンである．」

これにより，Abnormalの範囲をペンギンに限定している．

自己認識論理

- 個体の性質などの事実は、述語記号などの命題で表せる.
- では、その知識を持っているかどうかという知識はどう表す？



多胡は器用
である.

「多胡は器用である」：器用（多胡）

「Aさんは多胡は器用であるという知識がある」：？

自己認識論理

知識に関する知識を表現するための形式論理.

KFは、Fについて既知であることを示すとき、

- $K\neg F$ は、 $\neg F$ について既知であることを示す.
- $\neg KF$ は、Fについて未知であることを示す.

これにより、デフォルト推論も式で表現できる

「xが鳥であり、xが飛べないと知られていないならば、xは飛べる」

$$KBird(x) \wedge \neg K\neg Fly(x) \rightarrow Fly(x)$$

真偽が不明の場合

閉世界仮説：知識ベースから導けないものは、その否定が成り立つ。

- x は猫の図鑑に登録されていない
→ x は猫ではない

開世界仮説：知識ベースから導けないものは、真偽不明とする。

- x は猫の図鑑に登録されていない
→ 猫か違うかは断定できない



→ 猫(x)が
真

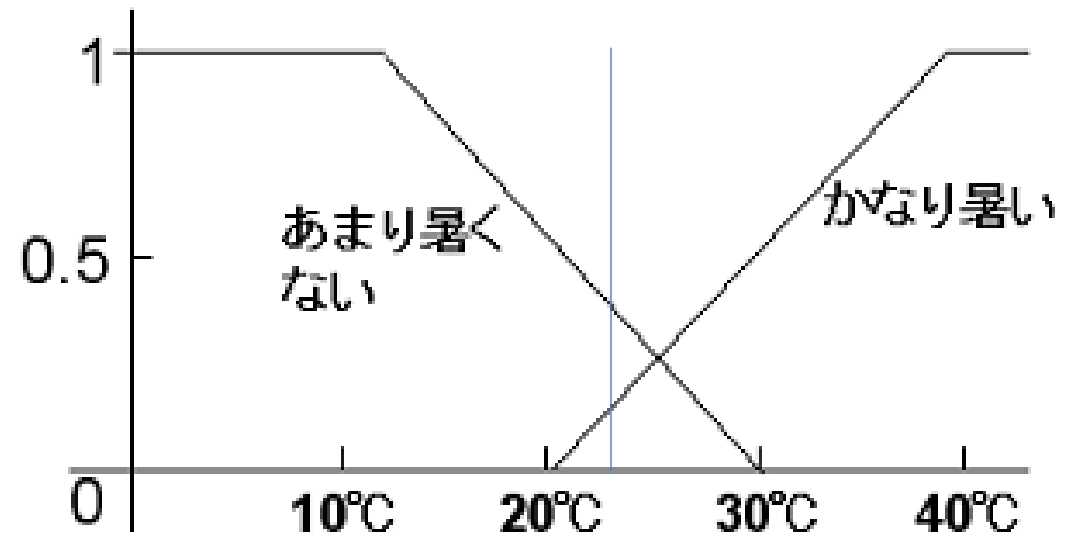
?

ファジィ論理

- 断定できないときは，その度合い（0～1）を求めることで処理.
- これにより，人間が表現する曖昧さも表現できる.

23度のときは，

- あまり暑くない = 0.4
 - かなり暑い = 0.2
- のように表現できる.



クリस्प集合とファジィ集合

- 身長180cm以上の集合
(クリस्प集合)



名前	身長 cm
A	181
B	184
C	187

- 背の高い人の集合
(ファジィ集合)

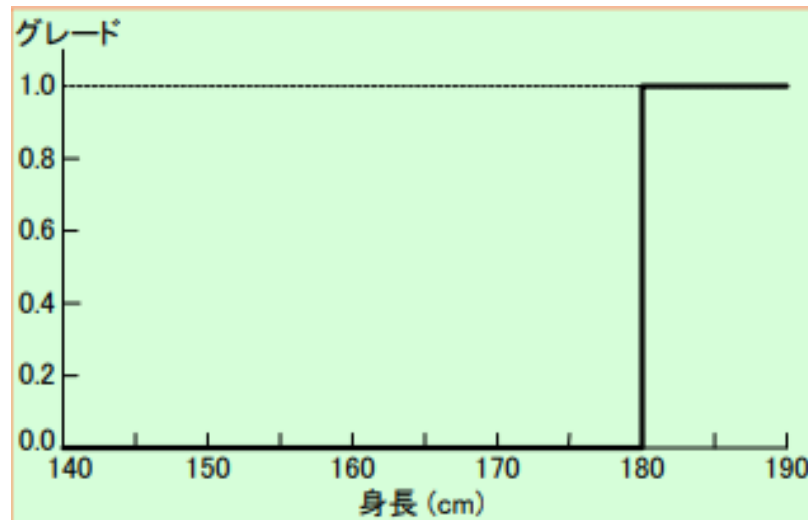


名前	グレード
A	0.7
B	0.8
C	0.9

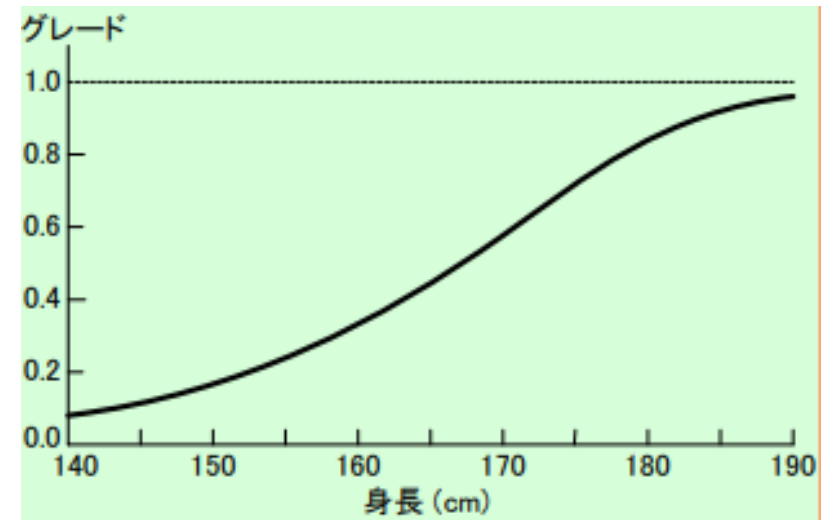
グレードが1に使いほど、
集合に属する度合いが
強い。

メンバーシップ関数

- 主観的であっても良いから，度合いを示す関数を作成する．
- 何らかの特徴を表すクリスプな関数を，ファジィ集合用に拡張したものをメンバーシップ関数という．



ファジィに



ファジィ推論の流れ

- 曖昧性を含む事柄やルールから，結論を導き出す.
- 基本的には，If thenルールに組み入れて推論する.
- 例) カーブ半径60m，速度 = 50km/hが与えられたときに，車の加速度をどのように制御すればよいか，
(速度を下げる・保持する・速度を上げる) を考える.

メンバーシップ関数（前半）の作成

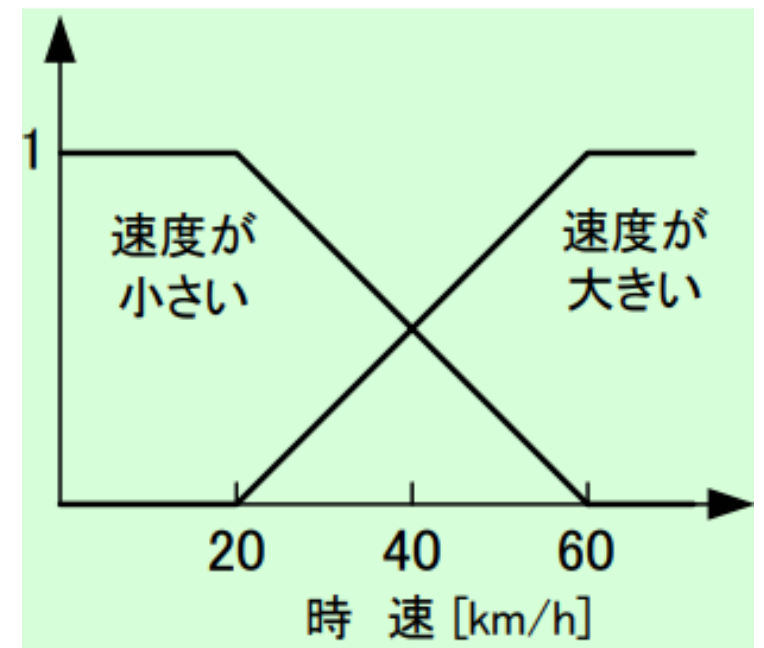
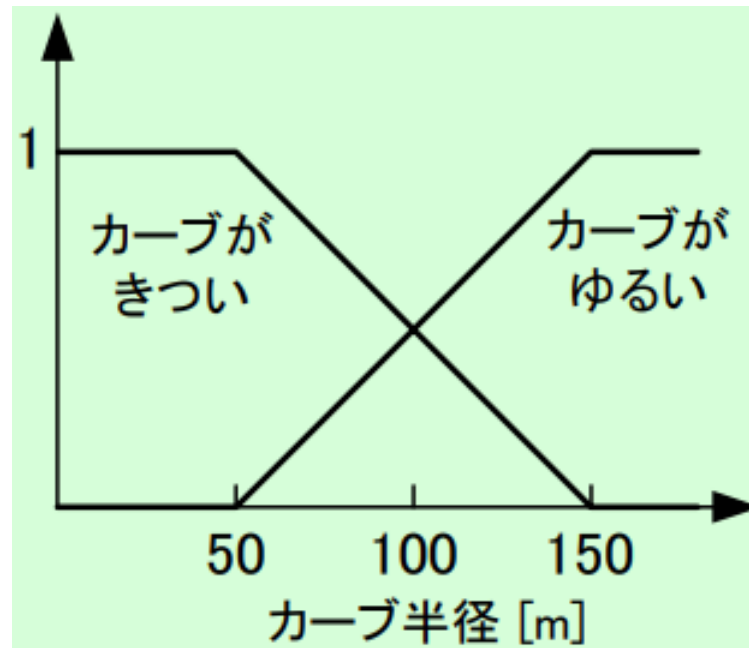
- 何かしらの方法で、メンバーシップ関数を作成する.
- ヒューリスティックな方法や経験論でも構わない.

例) カーブがきつい

$$\mu A(r) = 1, \text{ if } 0 \leq r < 50$$

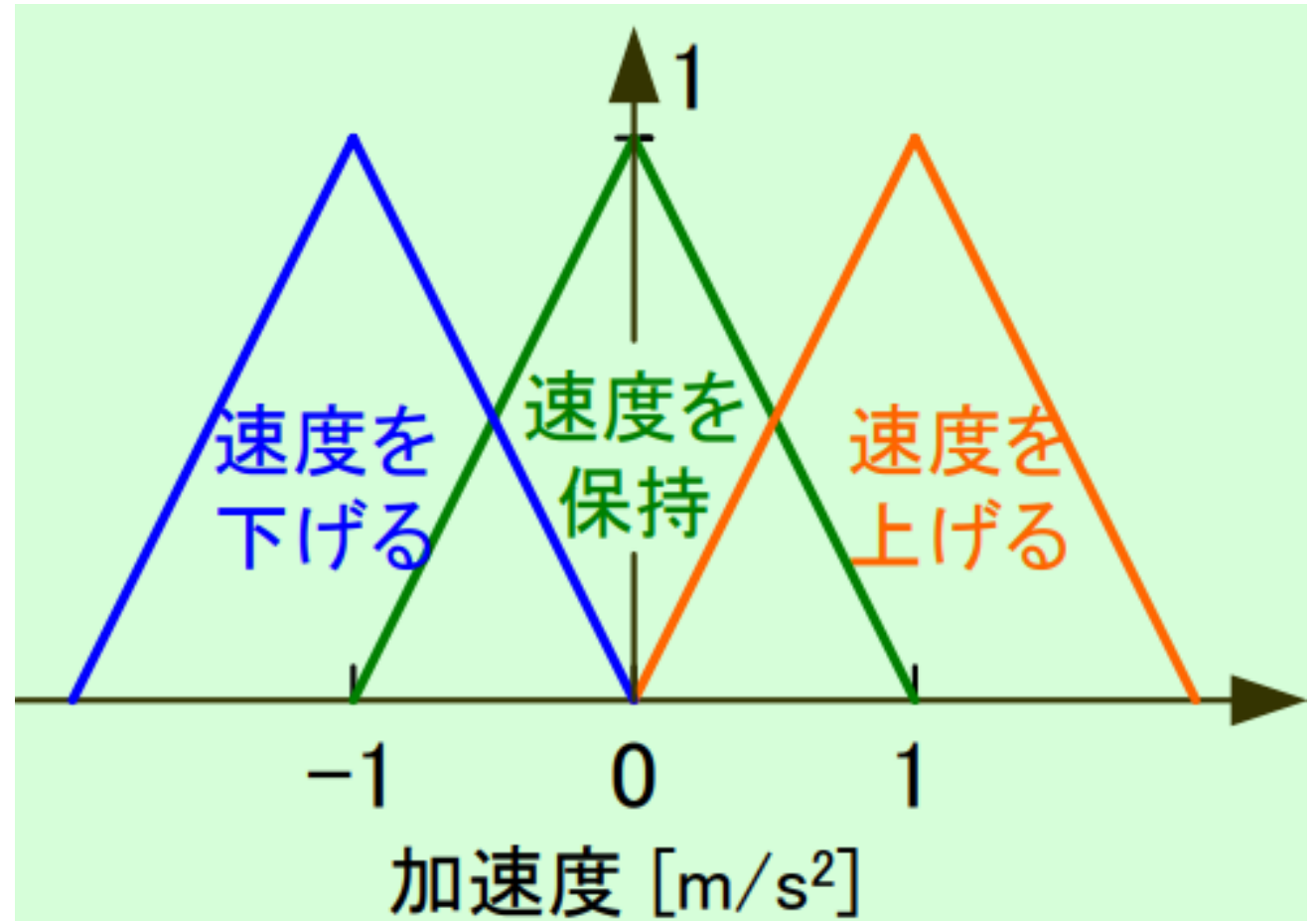
$$\mu A(r) = 1 - 0.01 * (r - 50), \\ \text{ if } 50 \leq r < 150$$

$$\mu A(r) = 0, \text{ if } 150 < r$$



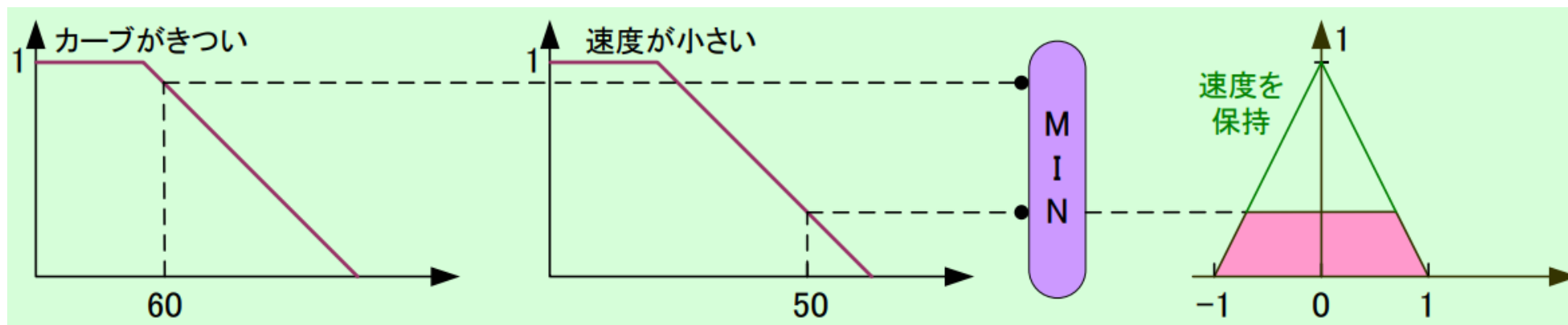
メンバーシップ関数（後半）の作成

- 同様に，制御についてのメンバーシップ関数を作成する.



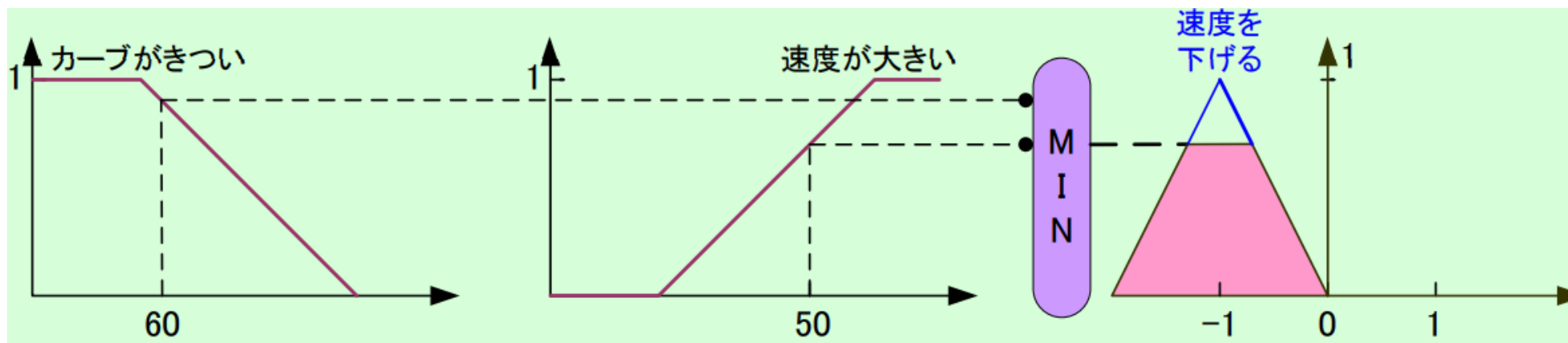
ルール(1/2)

1. カーブがきつく、速度が小さいならば速度を保持



- カーブ半径60mなので、カーブのきつさ0.9.
- 速度50なので、速度の小ささ0.25.
- 両者のファジー論理積(AND), すなわち最小値を取ると0.25.
= **ルール1の適合度**

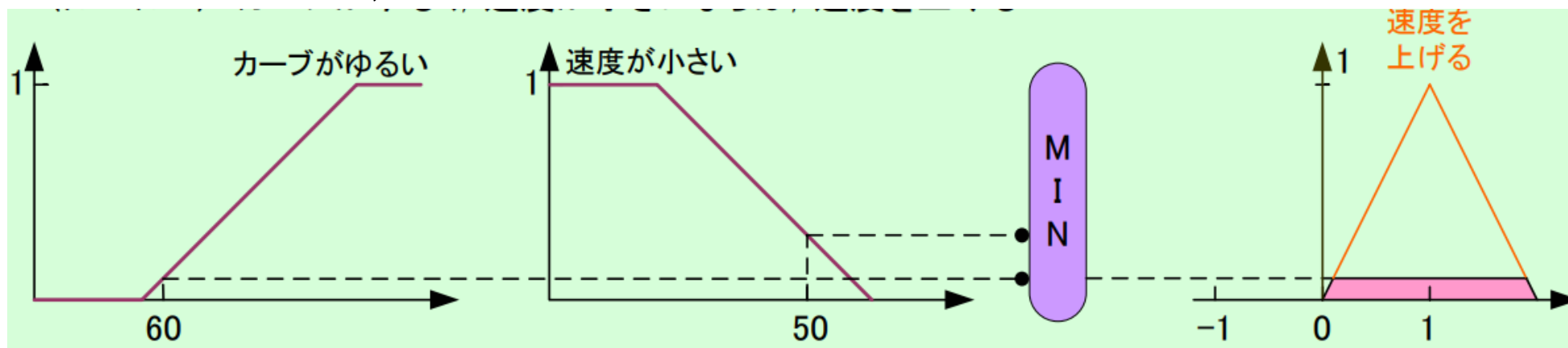
2. カーブがきつく、速度が大きいならば速度を下げる



- 同様に、ルール2の適合度0.65

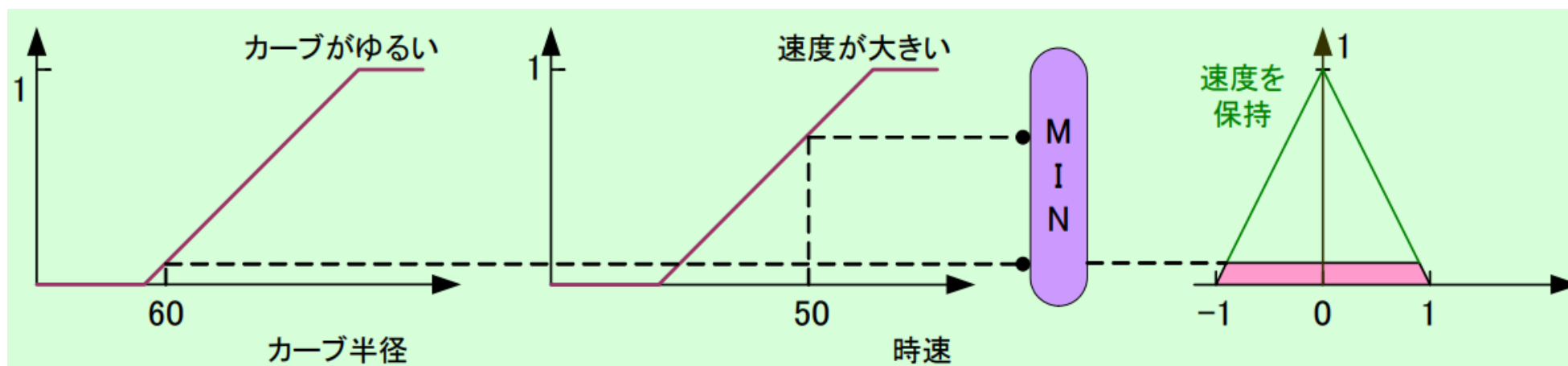
ルール(2/2)

3. カーブがゆるく，速度が小さいならば速度を上げる



- 同様に，ルール 3 の適合度0.1

4. カーブがゆるく，速度が大きいならば速度を保持



- 同様に，ルール 4 の適合度0.15

結論の出し方

ルール	適合度
1. カーブがきつく，速度が小さいならば速度を保持	0.25
2. カーブがきつく，速度が大きいならば速度を下げる	0.65
3. カーブがゆるく，速度が小さいならば速度を上げる	0.1
4. カーブがゆるく，速度が大きいならば速度を保持	0.15

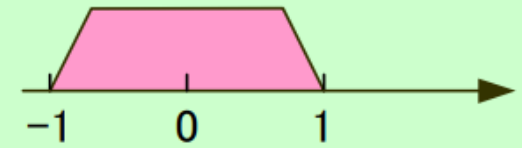
このとき，適合度のファジー論理和（OR）を採用し，最大値が最終結論（速度を下げる）となる．

しかし，このままでは制御に指令を与えることはできないため，**脱ファジィ化**をすることとなる．

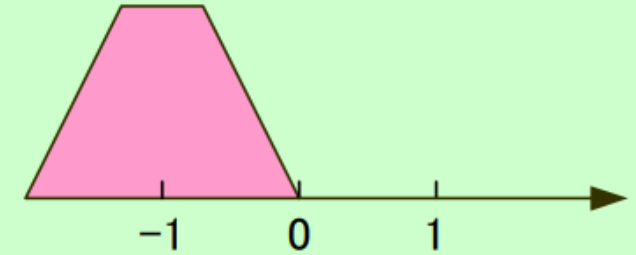
脱ファジィ化

- メンバーシップ関数の重心から求める重心法がよく用いられる.
- 各ルールのメンバーシップ関数の結果を重ね合わせ (OR), その重心を取る

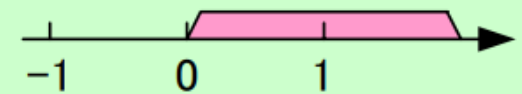
ルール 1



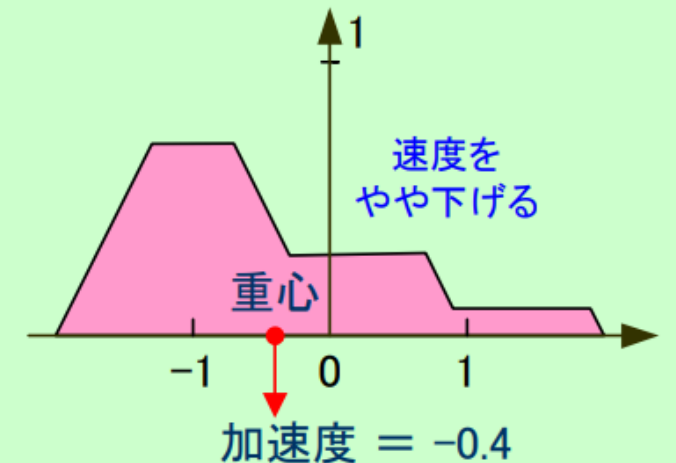
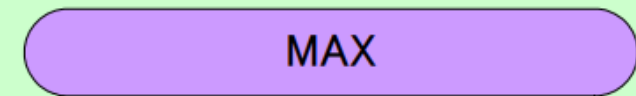
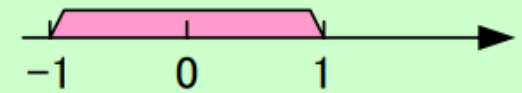
ルール 2



ルール 3



ルール 4



ファジィ制御の例



来週の中間試験について

- 論述形式の大問5つ，60分.
 - 筆記用具を持参すること.
 - 50点満点で加点方式. 知識量や内容の正確さなどを評価する.
 - 範囲は第1回から第5回まで.
 - 持ち込み許可物は【印刷物，参考書，ノート】.
-
- 中間試験を行ったあと，30分ほど通常講義を行う.

レビューシートの提出

- 今日の授業に関するレビューシートを，manabaから提出すること.

後日不明点があれば，多胡まで.

7号館5階 第9実験室内 第9研究室

tago@net.it-chiba.ac.jp