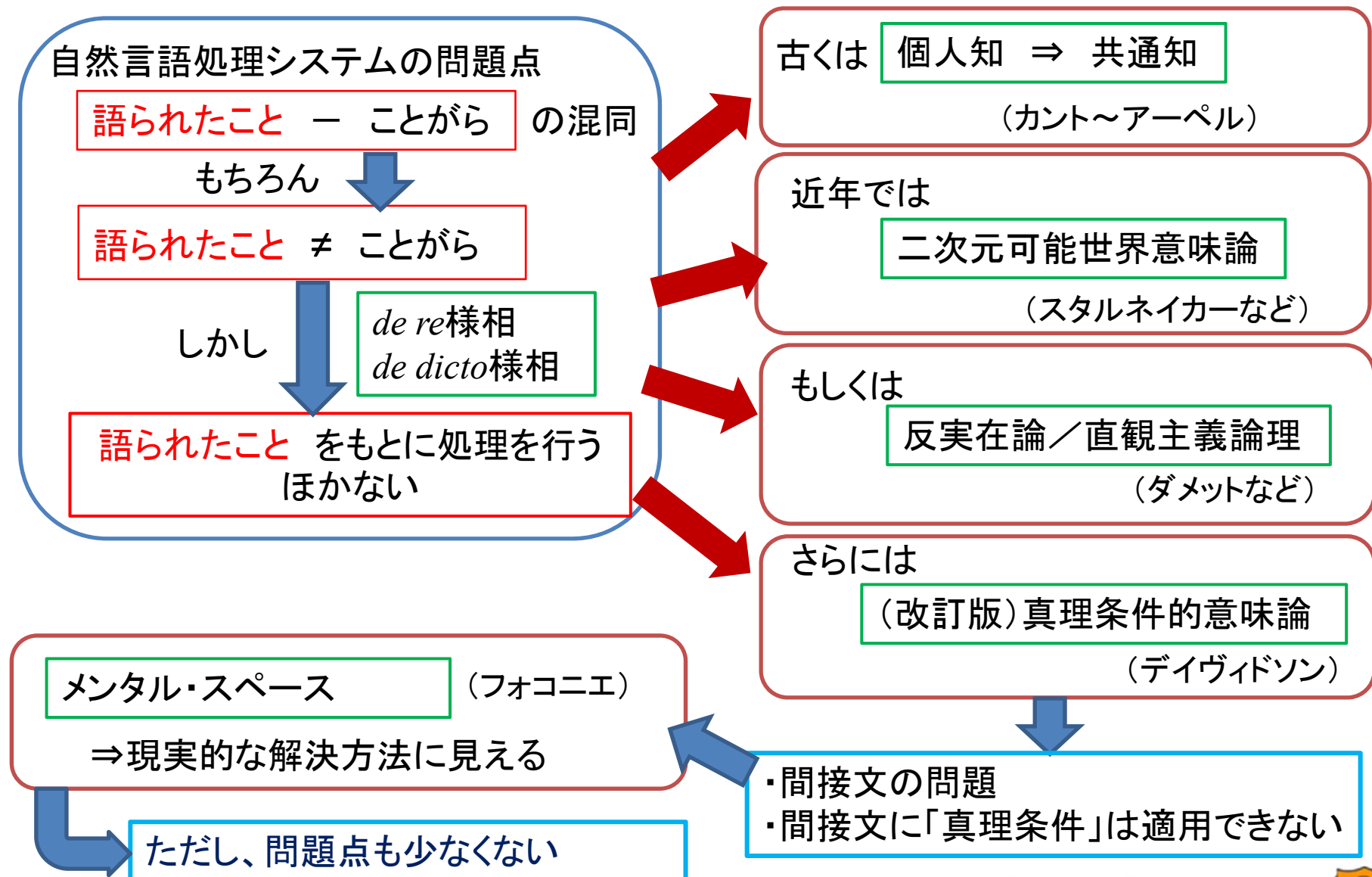


階層構造意味空間モデルによる 思考の流れの制御

フェリス女学院大学文学部コミュニケーション学科
高田明典

研究の背景



階層構造意味空間モデルによる解決

Galileo said that the earth moves.

(ガリレオは「地球は動く」と言った。)

Davidson, D., On Saying That, *Synthese*,
Vol.19, No.1/2, pp.130-146, 1968.

logic[0]

fact[0]

fact[0]は、**R**の意味空間内で
成立している。

logic[0]は、**G**の意味空間内で
成立している。

話者1 (ガリレオの話を
聞いたり見たりした人の
意味空間)

R

(話者2 (ガリレオ) の意味空間)

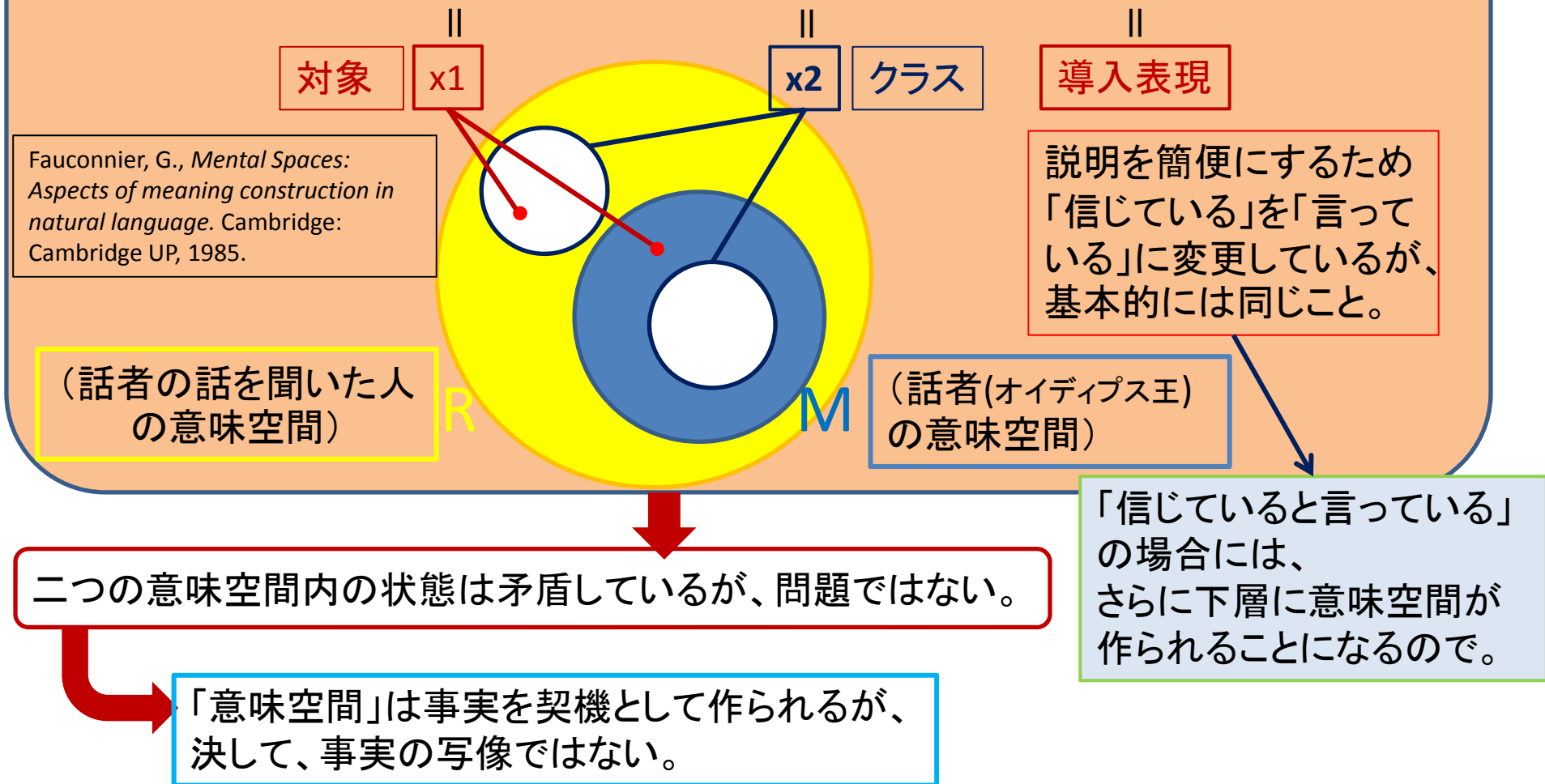
G

二つの意味空間内の成立状態は、独立している。

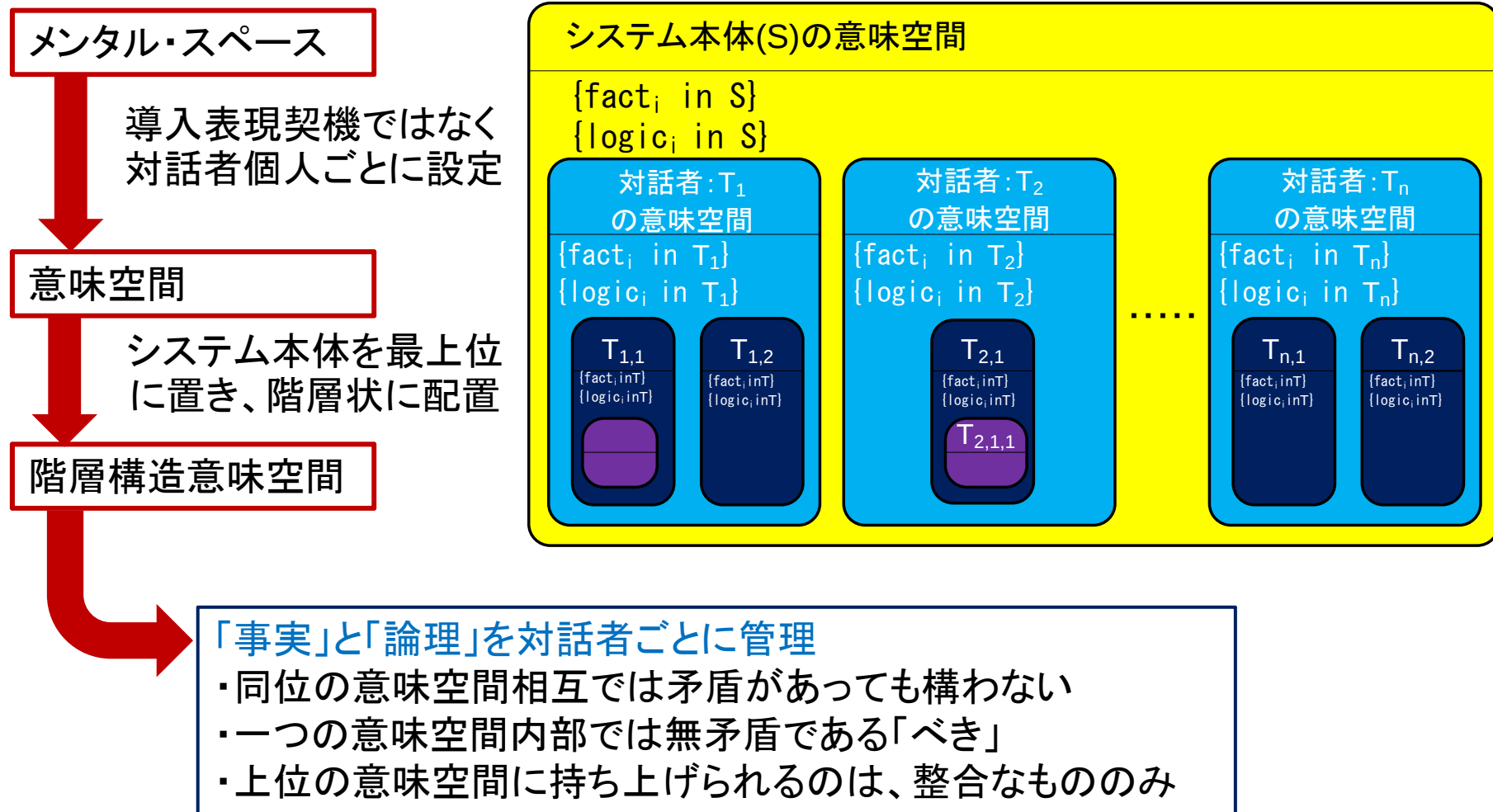
「地球」を、ある外延(たとえば「太陽系第3惑星」)に変換可能かどうかは、
ガリレオの意味空間内部でそれが「外延」として認められているか否かで決まる。

階層構造意味空間モデルによる解決

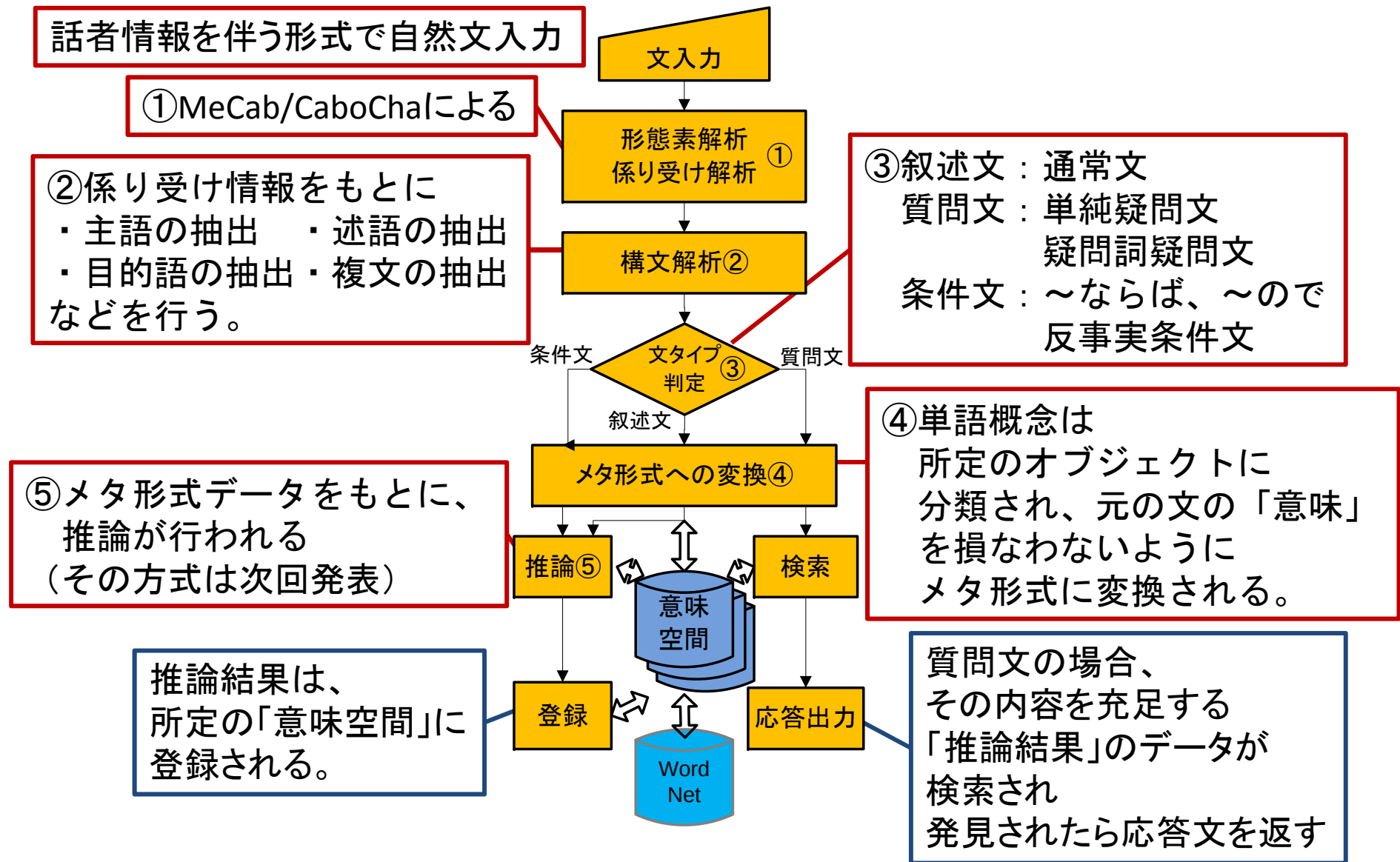
Oedipus believes that the queen of Thebes is not the queen of Thebes.
(オイディプス王は、テーベの女王はテーベの女王ではないと言っている)



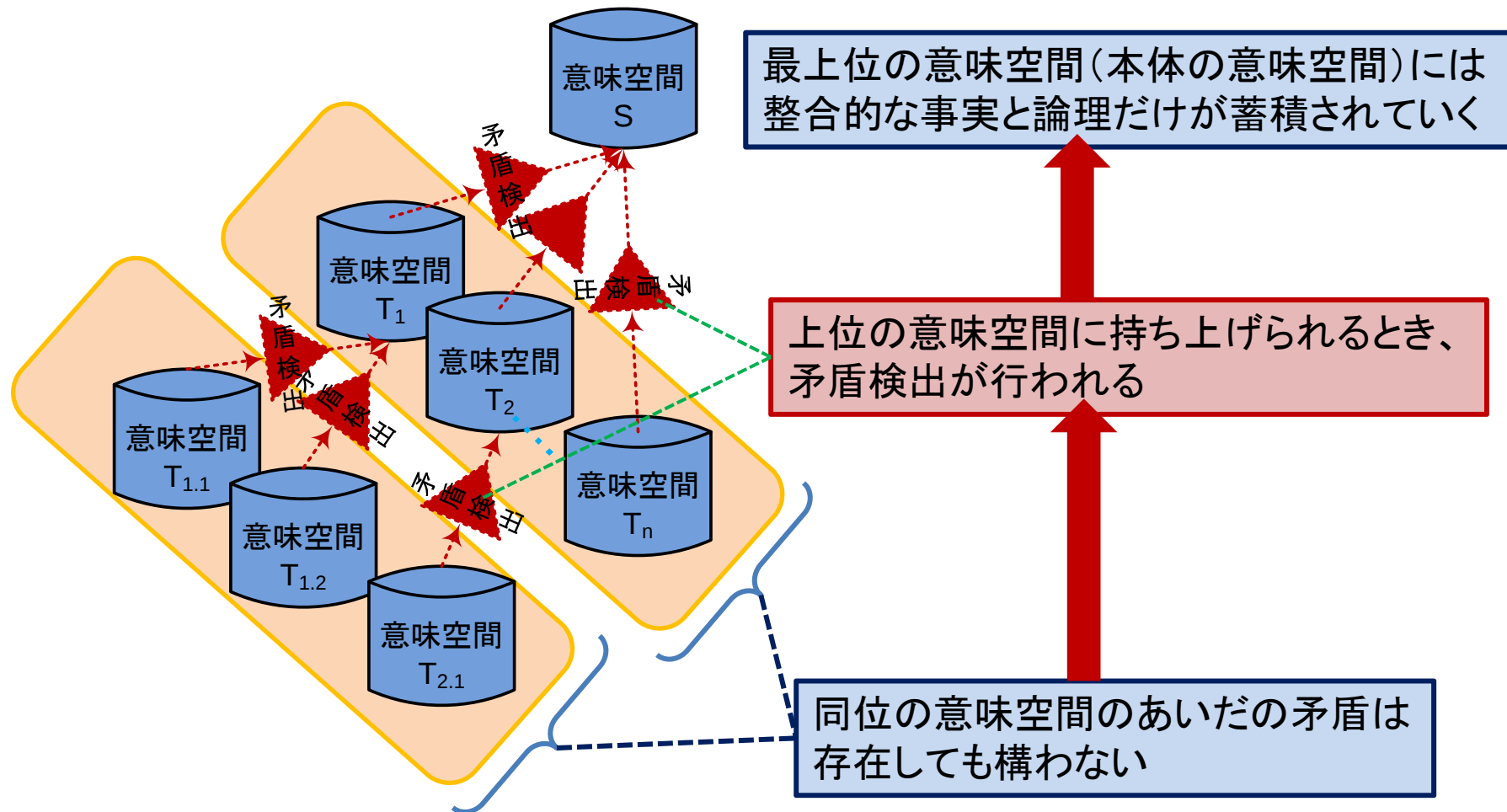
階層構造意味空間モデル／概念



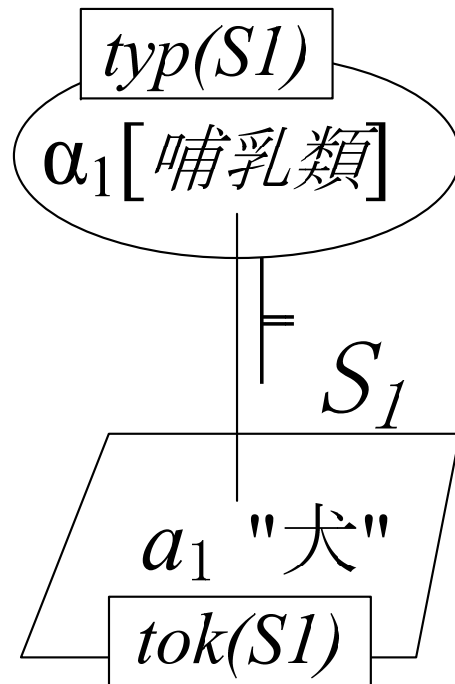
階層構造意味空間モデル／処理の流れ



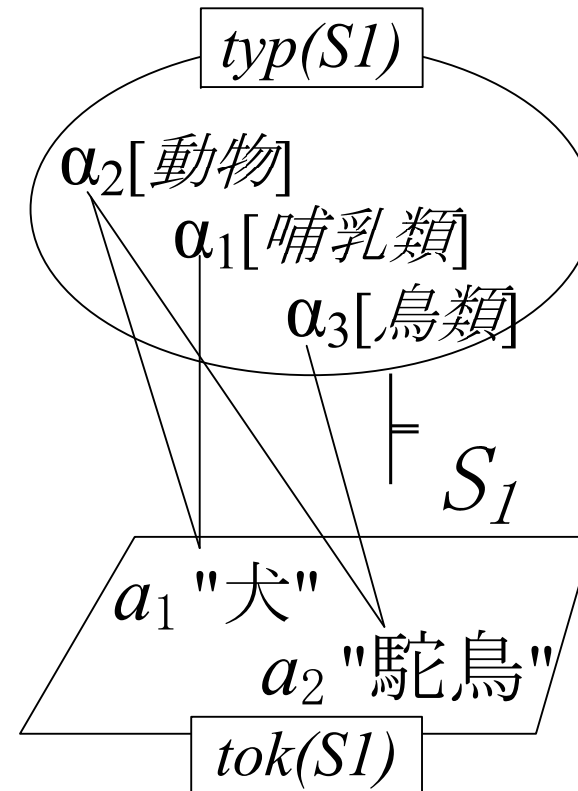
階層構造意味空間モデル／データの移行



チャネル理論／分類域



a_1 "犬" $\vdash_{S1} \alpha_1 [哺乳類]$



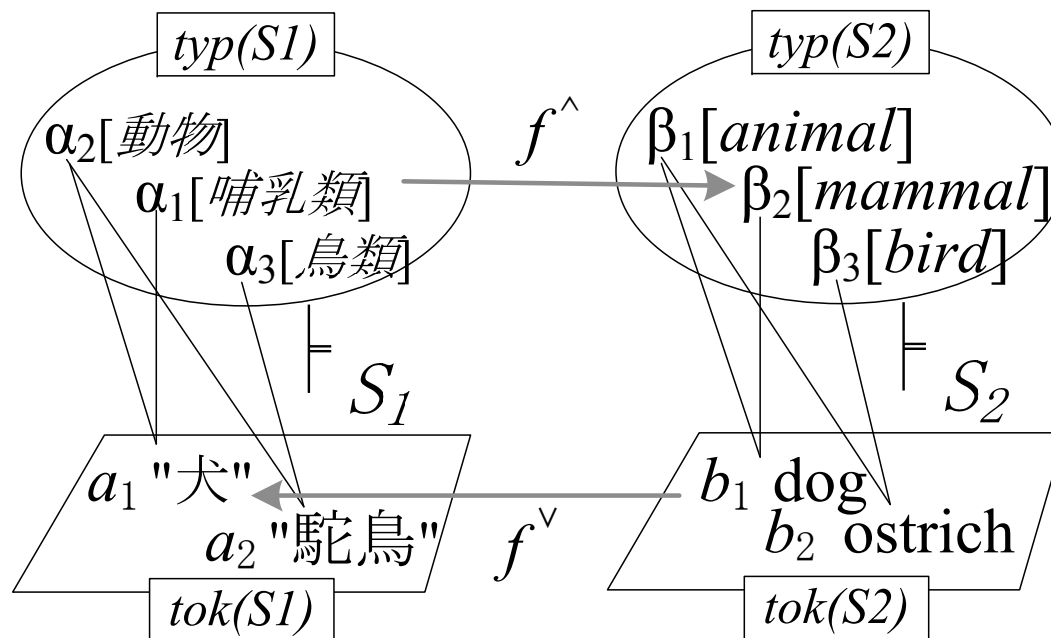
a_2 "駝鳥" $\vdash_{S1} \alpha_3 [鳥類]$
 a_2 "駝鳥" $\vdash_{S1} \alpha_2 [動物]$
 a_1 "犬" $\vdash_{S1} \alpha_1 [哺乳類]$
 a_1 "犬" $\vdash_{S1} \alpha_2 [動物]$



チャネル理論／情報射

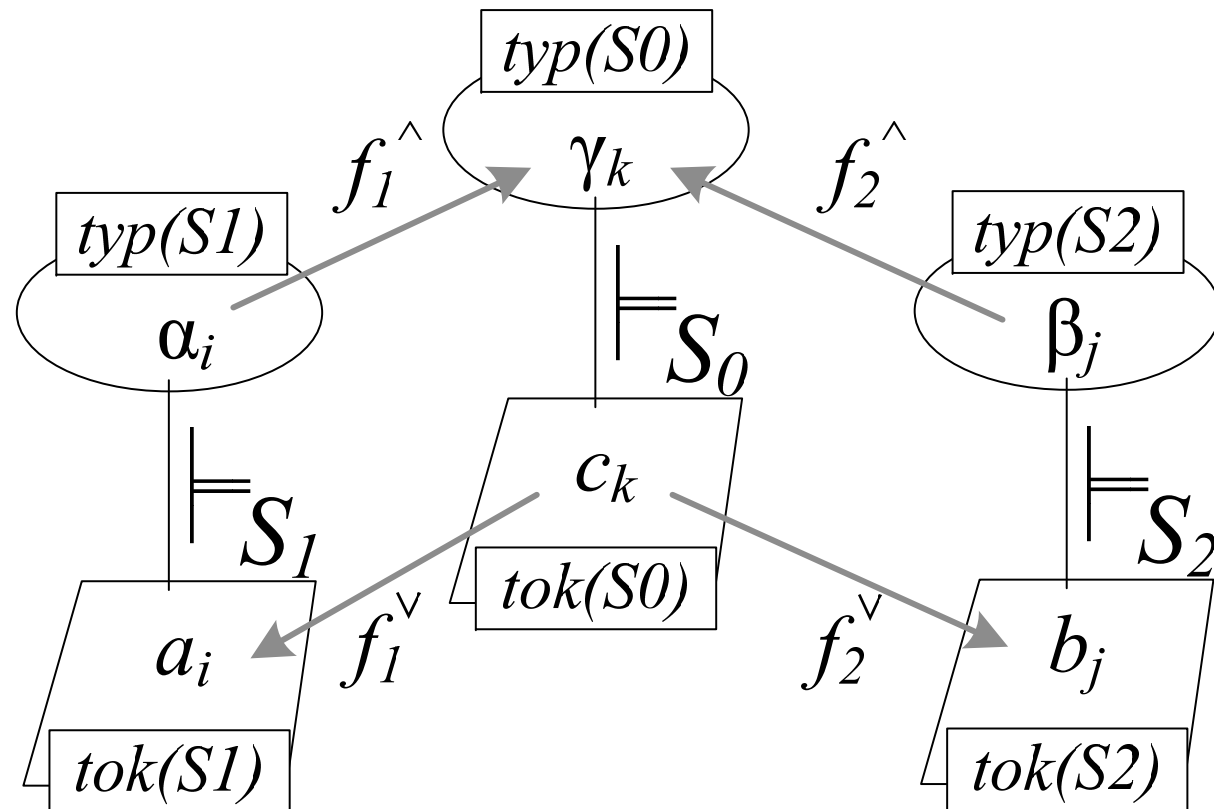
$$f^\vee(a_1)_{(=b_1)} \models_{S_2} \beta_1 \iff a_2 \models_{S_1} f^\wedge(\beta_1)_{(=\alpha_2)}$$

$$\begin{aligned} f^\vee(\text{“犬”})_{(=\text{“dog”})} &\models_{S_2} [\text{mammal}] \\ \iff \text{“犬”} &\models_{S_1} f^\wedge([\text{mammal}])_{(=[\text{哺乳類}])} \end{aligned}$$

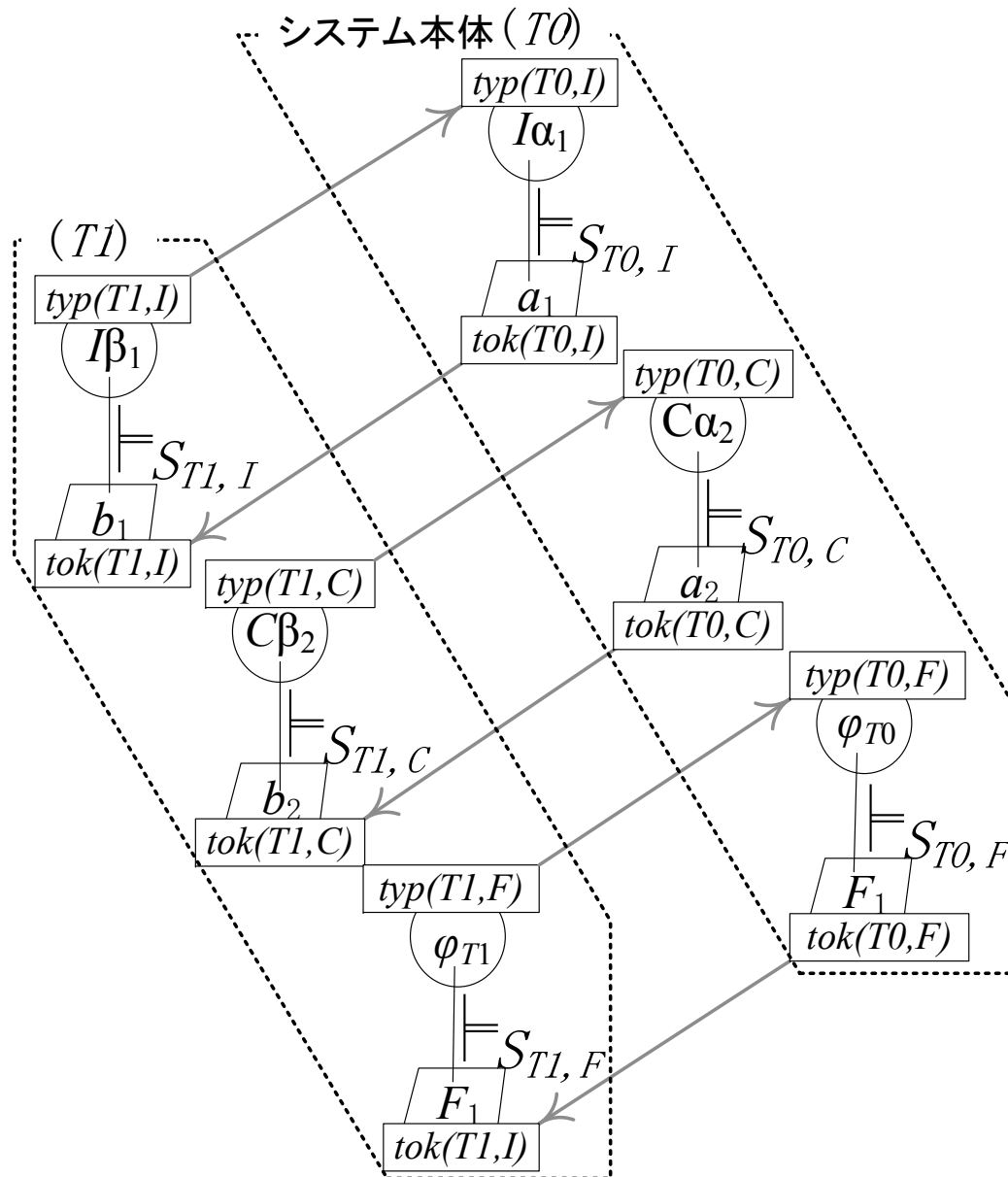


$$f: S_1 \rightleftharpoons S_2$$

チャンネル理論／チャンネルの核

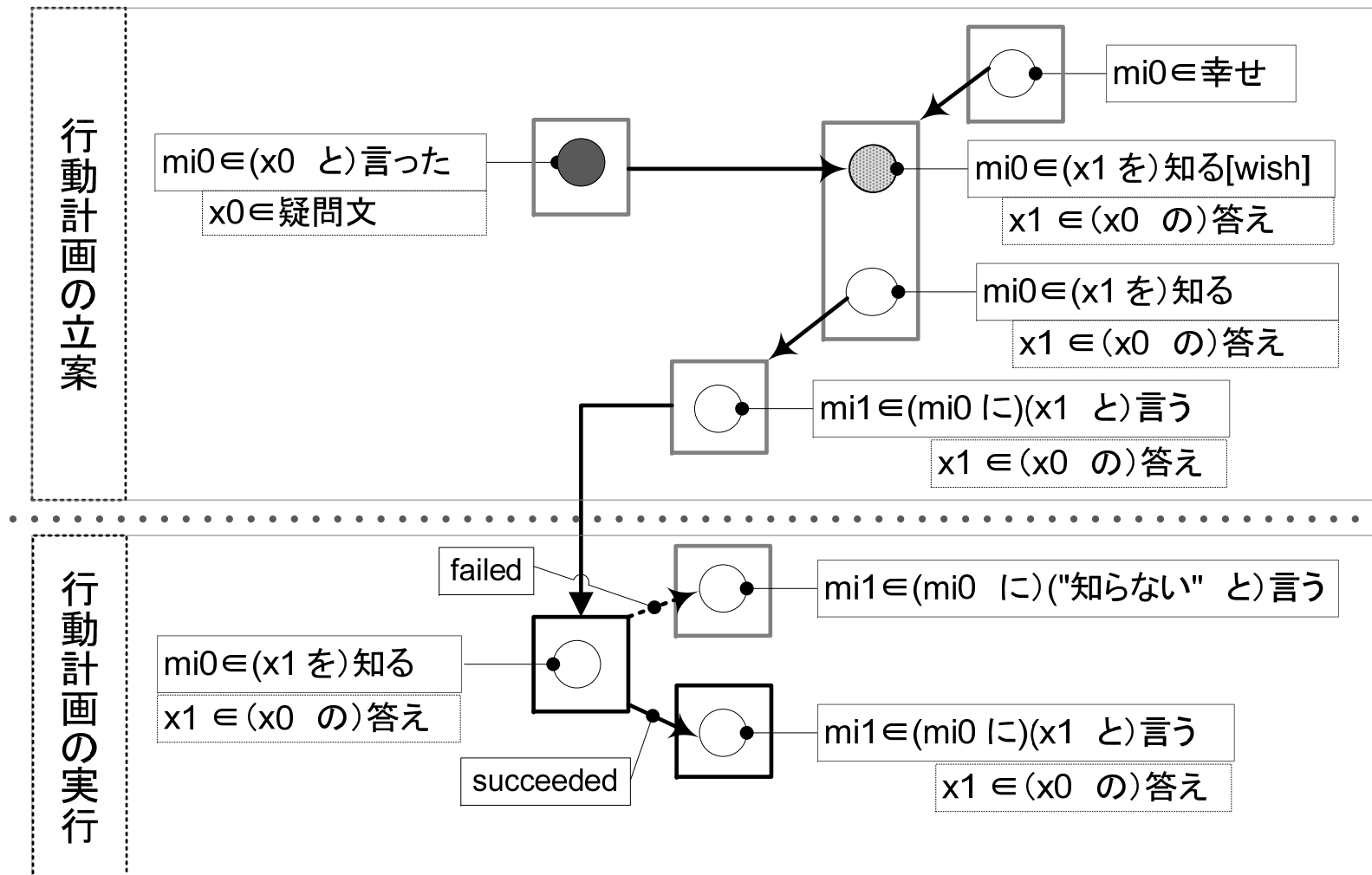


チャンネル理論による階層構造意味空間モデル



ides-VANCSの行動計画

Ides-VANCSの中軸処理: 目的達成のため計画を創出し、実行する

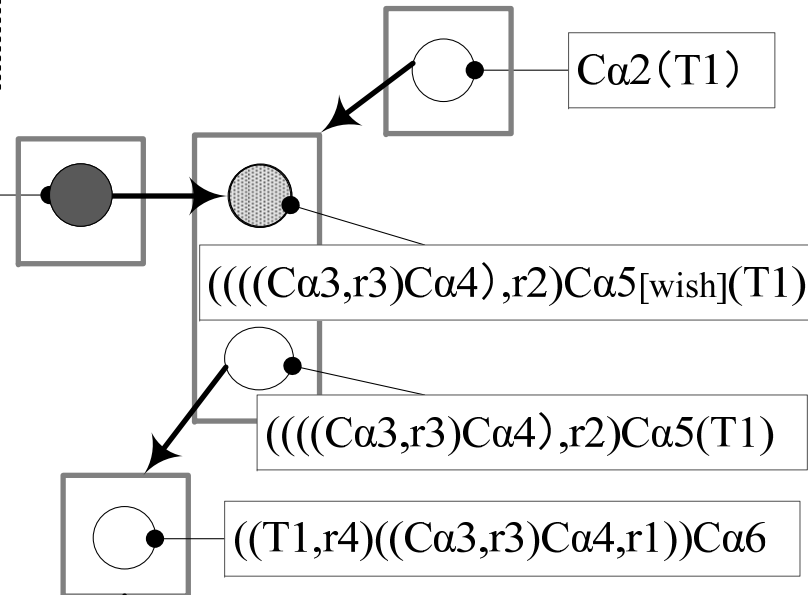


ides-VANCSの行動計画

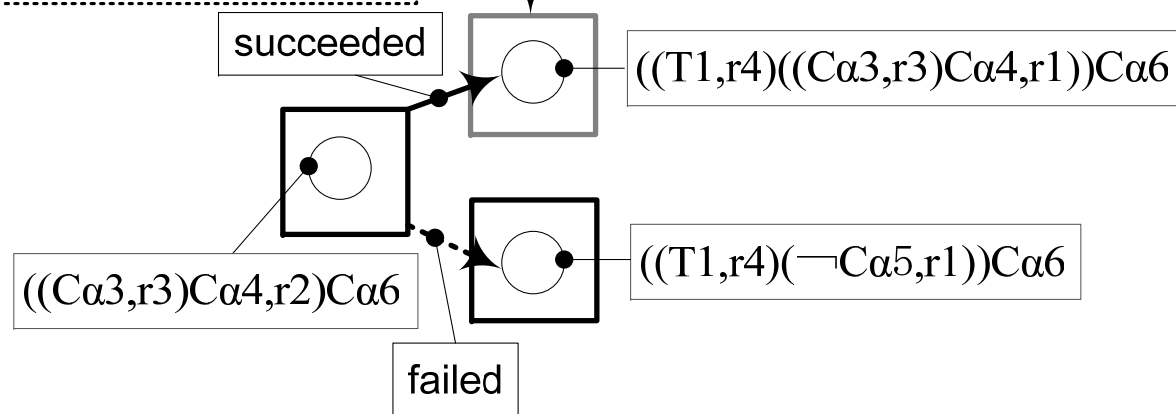
行動計画の立案

$((C\alpha_3, r1)C\alpha_6)(T)$

する $\vdash C\alpha_1$
 幸せ $\vdash C\alpha_2$
 疑問文 $\vdash C\alpha_3$
 答え $\vdash C\alpha_4$
 知る $\vdash C\alpha_5$
 言う $\vdash C\alpha_6$

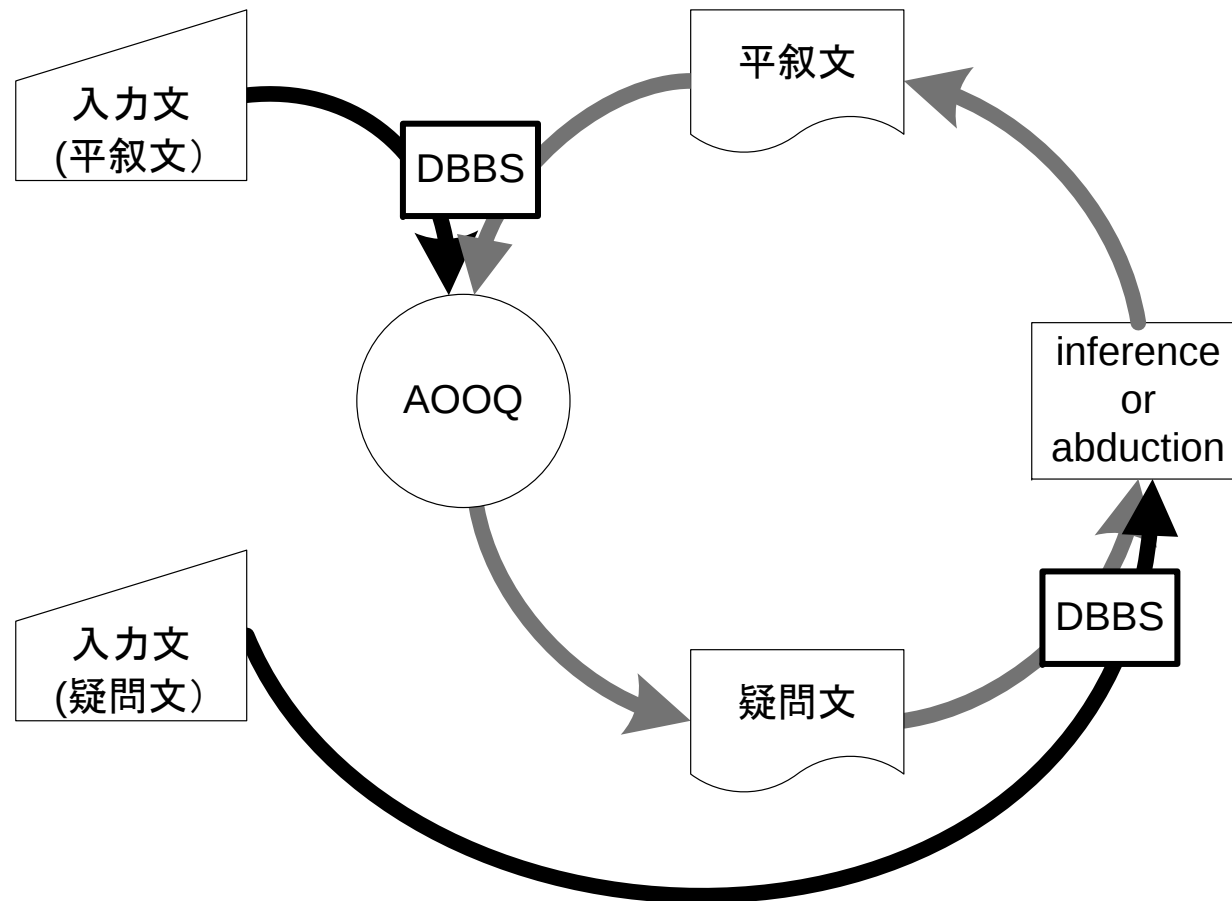


行動計画の実行



ides-VANCSの思考ルーチン

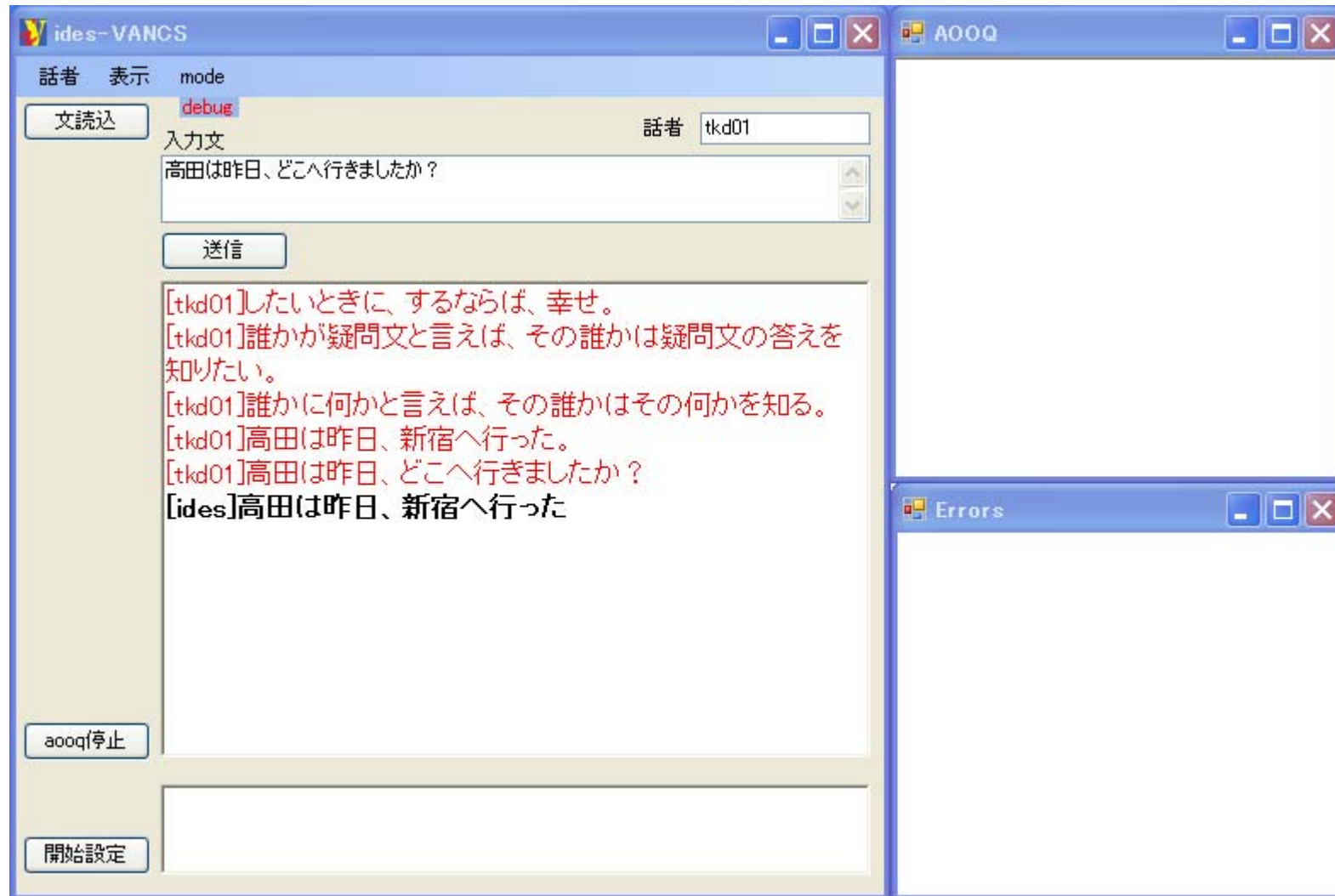
Ides-VANCSにおける“思考”処理: 自ら質問を生成し、それに答える。



DBBS: Dynamic Black Board System 動的黒板システム
AOOQ: Answering One's Own Questions 内言ルーチン

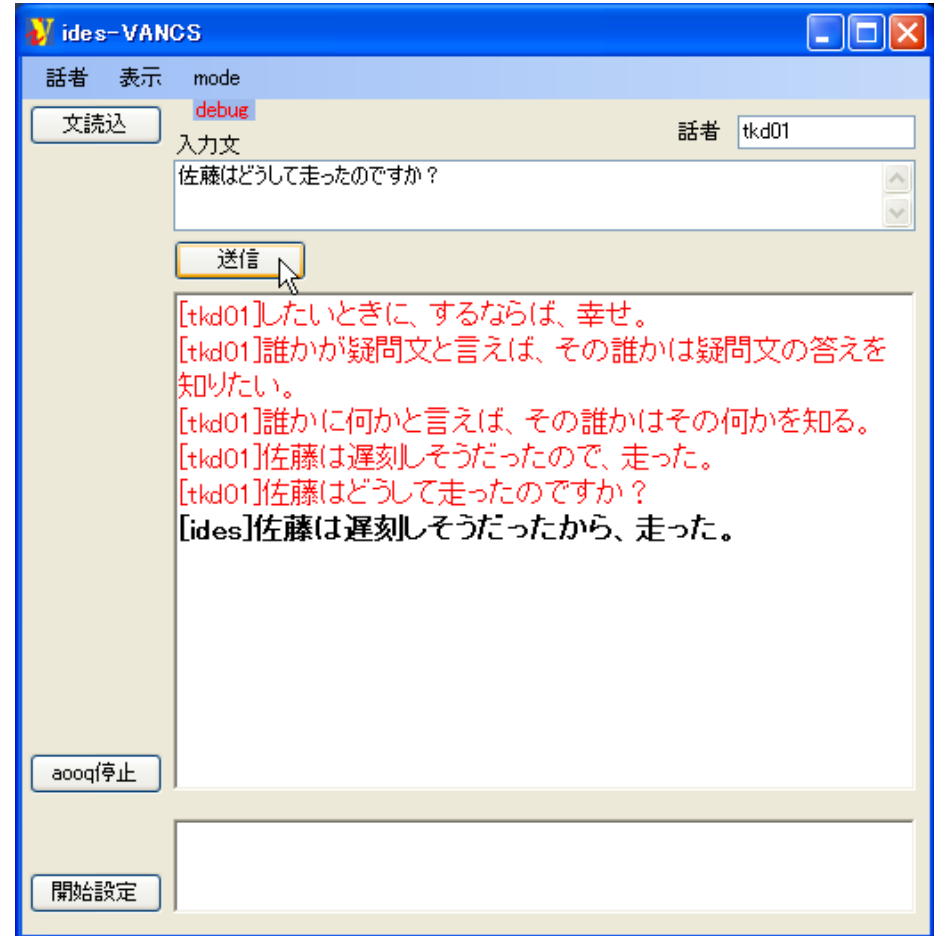
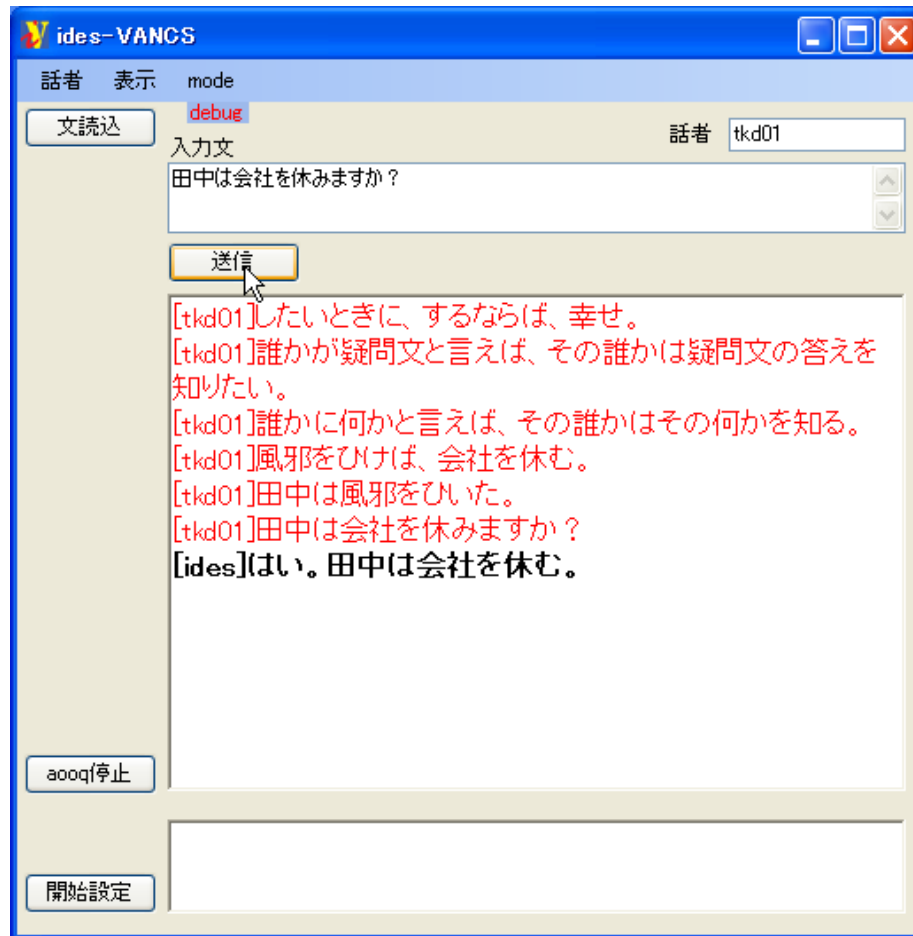
デモ

※ノートPCに実装して来ているものの、動くかどうか不安なので.....とりあえずイメージのみ



デモ

※ノートPCに実装して来ているものの、動くかどうか不安なので.....とりあえずイメージのみ



問題

※いろいろありますが.....

構文解析の問題

- ・MeCab／CaboChaはたいへん素晴らしいパーザーだが、解析失敗が少なくない。
 - ⇒ただし、これは「ないものねだり」。
 - ⇒表現形からの解析である以上、ここらへんがむしろ限界。
 - ⇒意味解析と構文解析を相互参照しながら最適解を求める手法が必要。

日常会話の不定型性／非論理性／非事実性の処理

- ・「学会ってさあ、結局何やってるの？」というような文は、現状、処理できない。
 - ⇒社会的文脈／会話文脈による意味の補填や、意図の類推は現状では難しい。
 - ⇒ただし、ides-VANCSには、対話者の意図をあれこれ類推しながら思考を進め、会話を進行するという基本的な構造を持っている。
 - ⇒(楽観的には)将来的には解決可能かと。

(もっとも大きな問題)ルールベースの会話システム／知能システムの可能性

- ・確続ベースの知能システムが無意味だとは当然思わないが、目的が違う。
 - ⇒少なくとも私の目的は、知能や思考の論理的構成の再現。
 - ⇒確率的な挙動のトレースによって模倣することには、もちろん工学的な意味はあるだろうが、人工知能研究の本来の目的ではないのでは？



階層構造意味空間モデルにおける推論(1)

話者A:「ガリレオは、地球は動くと言った。」

システム本体(ides)が受け取るのは、

「ガリレオは、地球は動くと言った、と話者Aが言った。」

concept_class[0]:地球 basic 名詞 True
concept_class[1]:動く basic 動詞 True
concept_class[2]:言う 動詞 True
concept_class[3]:(logic[0] in ガリレオ_Space) cc2 True
concept_class[4]:tkd basic True
concept_class[5]:(fact[0] in tkd Space) cc2 True

ガリレオ／話者A／システム本体
の 3つの意味空間が作られる

<<<<< Space Data: [original space - ides (1)] >>>>>

fact total count(s) = 1

fact[0]: lfs_count(s)=1 cc[5]

Subject: mi[1](ci[0]) **tkd**

Predicate cie[4]: oc[5] True

(fact[0] in tkd Space=「言う」言

fact[0]:tkdは(fact[0]in tkd)と言った

<<<<<< Space Data: [ides - tkd (1)] >>>>>>

fact total count(s) = 1

fact[0]: lfs_count(s)=1 cc[3]

Subject: mi[1](ci[0]) **ガリレオ**

Predicate cie[2]: oc[3] True

(logic[0] in ガリレオ_Space)

<<< Space Data: [tkd - ガリレオ (0)] >>

logic total count(s) = 1

logic[0] p = 1.00

前件: $0 \in \text{cie}[1] (\text{oc}[0])$

後件: $0 \in \text{cie}[0] (\text{oc}[1])$

fact[0]:ガリレオは(logic[0]in ガリレオ)と言った

logic[0]:地球は動く

FERRIS UNIVERSITY



階層構造意味空間モデルにおける推論(2)

論理 + 事実 → 事実

modus ponens

事実: $instance[i] \in class[j]$
論理: $x \in class[j] \rightarrow x \in class[k]$



事実: $instance[i] \in class[k]$

「田中は風邪をひいた。」
「風邪をひけば、会社を休む。」



「田中は会社を休む。」

logic total count(s) = 1

logic[0] p = 1.00

前件: $0 \in cie[0]$ (oc[3])

後件: $0 \in cie[2]$ (oc[6])

derived from fact[0] in Space org_space

inference total count(s) = 2

inference[0]: base_fact.count(s) = 1

base_facts: mi[2] - cie[5]

inferred by fact[1]

inferred : cie[5]

inference[1]: base_fact.count(s) = 1

base_facts: mi[2] - cie[5]

inferred by inference[0]

inferred by logic[0]

inferred : cie[2]

<<<< Space Data: [original space - ides (1)] >>>>>>>>

concept_class[0]:ゼロ主語 basic True

concept_class[1]:ひく 動詞 True

concept_class[2]:風邪 名詞 True

****concept_class[3]:(cc2:風邪を)oc1 動詞 True**

concept_class[4]:休む 動詞 True

concept_class[5]:会社 名詞 True

****concept_class[6]:(cc5:会社を)oc4 動詞 True**

concept_class[7]:tkd basic True

concept_class[8]:言う 動詞 True

concept_class[9]:(conditional[0] in tkd Space) cc8 True

concept_class[10]:(fact[0] in tkd Space) cc8 True

FERRIS UNIVERSITY



階層構造意味空間モデルにおける推論(3)

論理+論理 → 論理

連鎖

$$\begin{array}{l} \text{論理: } x \in \text{class}[j] \rightarrow x \in \text{class}[k] \\ \text{論理: } x \in \text{class}[k] \rightarrow x \in \text{class}[l] \end{array}$$


論理: $x \in class[j] \rightarrow x \in class[l]$

「鯨は哺乳類だ。」
「哺乳類は胎生で生まれる。」



「鯨は胎生で生まれる。」

```
<<<<<<< Space Data: [ides - tkd (0)] >>>>>>>>>>
```

concept class[0]:鯨 basic 名詞 True element class only sub:cc[]

concept class[1]:哺乳類 basic 名詞 True element class

```
concept class[2]:tkd basic True
```

```
concept class[3]:言う 動詞 True
```

```
concept class[4]:(logic[0] in tkd Space) cc3 True
```

```
concept class[5]:生まれる 動詞 True
```

```
concept class[6]:胎生 名詞 True
```

```
**concept class[7]:(cc6:胎生で)oc5 動詞 True
```

```
concept class[8]:(logic[1] in tkd Space) cc3 True
```

logic total count(s) = 3

logic[0] p = 1.00

前件: $0 \in \text{cie}[1] \text{ (oc}[0])$

後件: $0 \in \text{cie}[0] \text{ (oc}[1])$

derived from fact[0] in Space org space

logic[1] p = 1.00

前件: $0 \in \text{cie}[0] \text{ (oc}[1])$

後件: $0 \in \text{cie}[4] \text{ (oc}[7])$

derived from fact[1] in Space org space

logic[2] p = 1.00

前件: $0 \in \text{cie}[1] \text{ (oc}[0])$

後件: $0 \in \text{cie}[4] \text{ (oc}[7])$



階層構造意味空間モデルにおける推論(4)

事実+事実 → 論理

帰納

事実: $instance[i] \in class[k], instance[i] \in class[l]$
事実: $instance[j] \in class[k], instance[j] \in class[l]$

論理: $x \in class[k] \rightarrow x \in class[l]$

$x \in class[k]: Ax$
 $x \in class[l]: Cj$

とおき、条件付確率で考えるならば、
事象 Ax の生起のもとでの事象 Cj の生起確率は以下の式で得られる。

$$P(Cj|Ax) = \frac{P(Cj \cap Ax)}{P(Ax)}$$

しかしながらこれは、
 Cj の生起が報告されていないこと と、
 $\neg Cj$ であること
を同列に扱っており、*de dicto* ベースで考える場合には問題があるため、 $P'(Cj|Ax)$ を導入する。

$$\begin{aligned} P'(Cj|Ax) &= P\left(Cj \mid ((Cj \cap Ax) \cup (\neg Cj \cap Ax))\right) \\ &= \frac{P(Cj \cap Ax)}{P((Cj \cap Ax) \cup (\neg Cj \cap Ax))} \\ &= \frac{P(Cj \cap Ax)}{P(Cj \cap Ax) + P(\neg Cj \cap Ax)} \end{aligned}$$

階層構造意味空間モデルにおける推論(4)

事実 + 事実 → 論理

帰納

事実の羅列 = コンテキスト



論理: $x \in class[k] \rightarrow x \in class[l]$

```
context total count(s) = 2
context[0]: subject = mi[2]
  cie_list[0]: cie[0] cie[3] cie[5] cie[0] cie[8] (src:mi[1])
context[1]: subject = mi[3]
  cie_list[0]: cie[10] cie[0] cie[8] (src:mi[1])
```

<<<< Space Data: [original space - ides (1)] >>>>>

※一部のみ

```
**concept_class[2]:(cc1:ごはんを)oc0 動詞 True
**concept_class[8]:(cc7:満腹に)oc6 動詞 True
**concept_class[12]:(cc11:食堂に)oc10 動詞 True
**concept_class[18]:(cc17:家に)oc16 動詞 True
```

```
cie[0] <- oc[2]: True past active
cie[3] <- oc[8]: False past active
cie[5] <- oc[12]: True past active
cie[8] <- oc[8]: True past active
cie[10] <- oc[18]: True past active
```

```
logic total count(s) = 1
logic[0] p = 0.67
  前件:  $0 \in cie[17]$  (oc[2])
  後件:  $0 \in cie[15]$  (oc[8])
```

補足

真理条件的意味論

“Snow is white” is true if and only if snow is white.

(*[de dicto]* = true) When (*[de re]* = true)

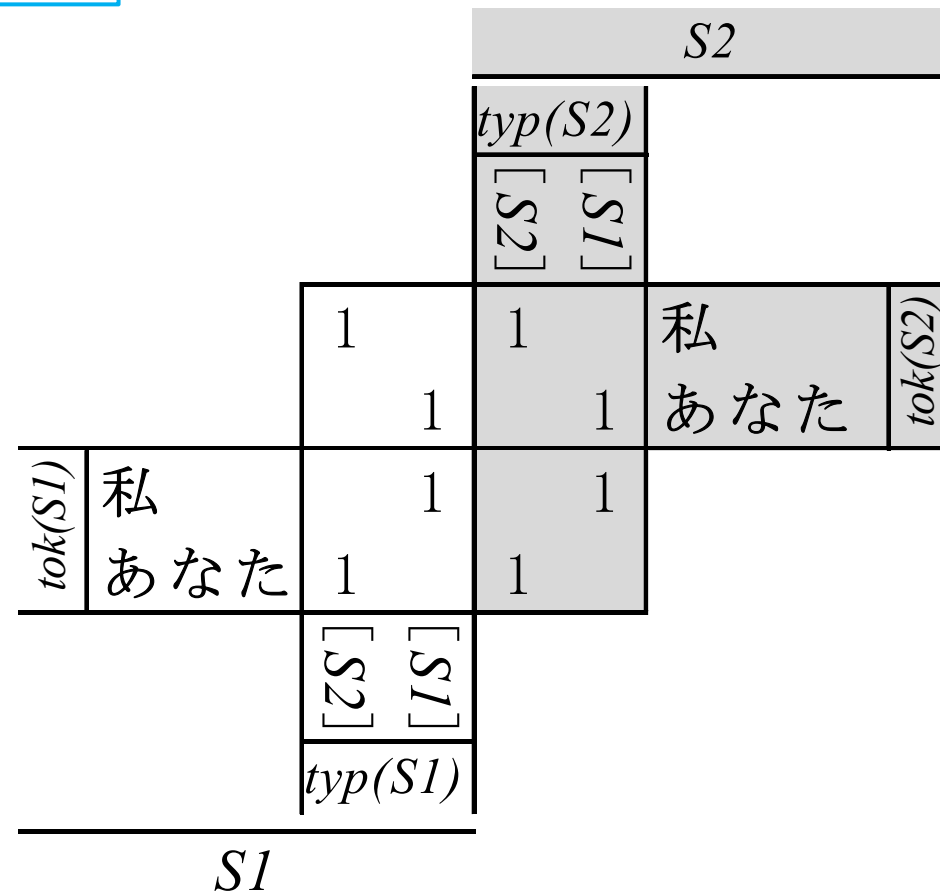
つまり、
「語られたこと」が真であるのは、「(それに対応する)事実」が真であるときであり、
また、そのときに限る。



チャネル理論による解釈が可能。
ただしそのとき、分類域は、*de re* ではなく、別の話者(の意味空間)となると考えられる。
また、システム本体は、システム本体の分類域こそが *de re* であると考ええる。

補足

Chu-Mapによる補足(1)



異なる分類域においては、たとえば「私」「あなた」というトークンは、当然、異なる[タイプ]に分類される。

Chu-Mapによる補足(2) チャンネルの核がシステム本体である場合

システム本体(T_0)									
				$typ(T_0)$					
				[Tanaka]	[Sato]	[System]			
		1		1		1	田中		
			1		1		佐藤		
		1		1×1	1×1		あなた		$tok(T_0)$
						1	私		
$tok(T_1)$	あなた		1		1		あなた		
	私	1		1			私		$tok(T_2)$
				[Tanaka]	[Sato]	[System]			
		$typ(T_1)$				$typ(T_2)$			
田中(T_1)				佐藤(T_2)					

※トークンの授受は常に二者関係であるため、三項のChu-Mapではこのように表記されるが、現実には一意に決定される。

予備1

内包と外延

内包:簡単に言うと、class. フレーゲの用語の「意義」。カルナップが「内包」と再定義した。

外延:簡単に言うと、instance. 個別の事例及び事象。