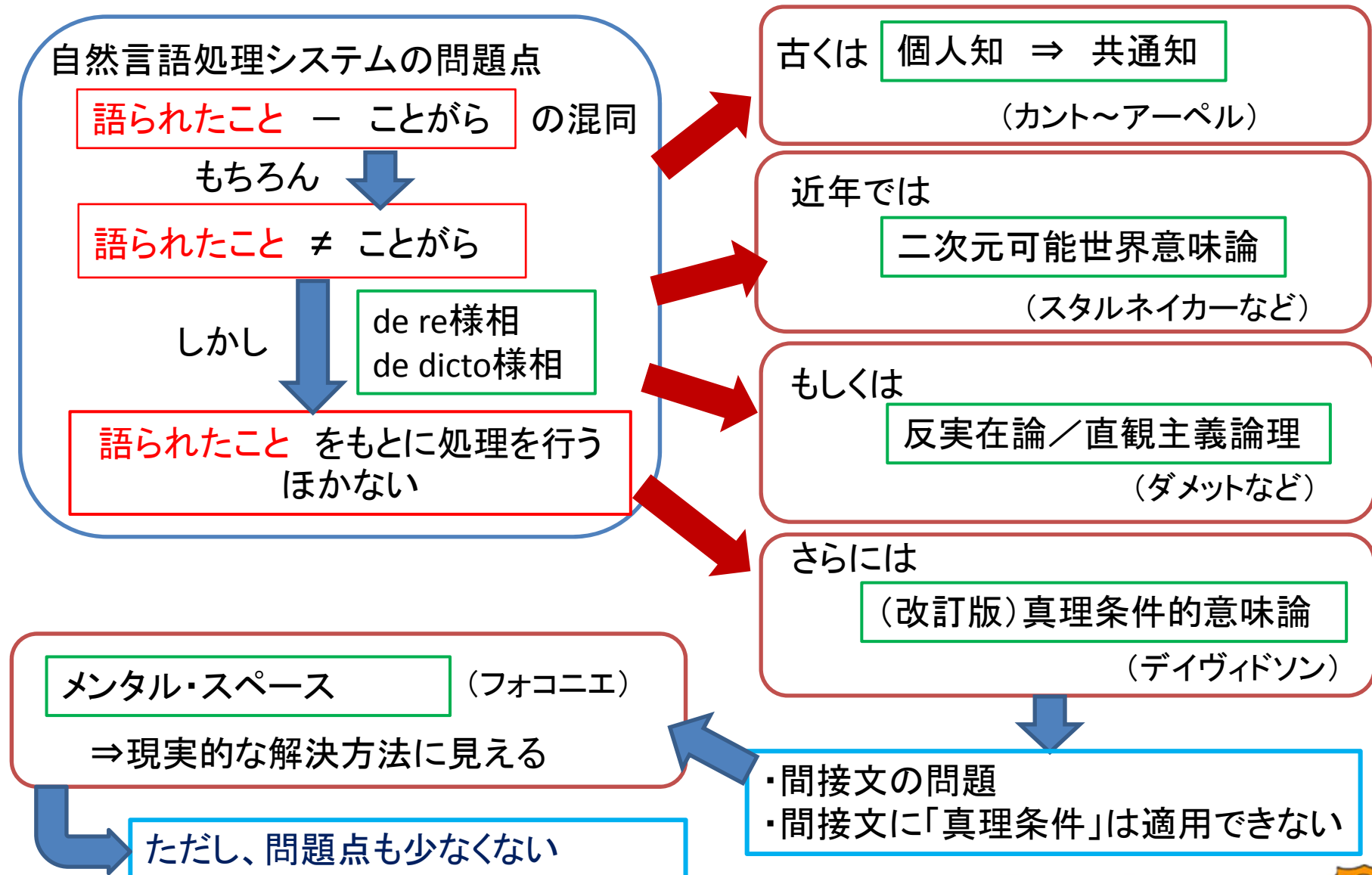


階層構造意味空間モデルによる 推論と学習

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



デイヴィッドソンの「間接話法の論理形式の問題」

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.

真理条件的意味論によれば、「地球は動く」という文の真理値は、「地球」を、外延を同じくする他の単語に置き換えても変化しないはず。(たとえば、「太陽系第3惑星は動く」。) → フレーゲ「複合性の原則」

しかし、「ガリレオは、太陽系第3惑星は動く、と言った」は、明らかに真ではない。つまり、間接話法においては、外延の代入はできないことになる。

それ自体は大した問題ではなく、「小手先の」定義変更で回避できるとも思われるが、実はこの問題の根は深い。

なぜなら、(少なくとも)自然言語処理システムで扱う「文」は、すべて、間接文であるから。「地球は動く」と、誰かが言った、のであるし、「今日は土曜日だ」と誰かが言った、のでしかない。→ 間接文ではないものを扱うことは、ありえない。

つまり、自然言語処理システムにおいては「真理条件的意味論」は、使えない？

もちろん、それも困ったことになる。

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)

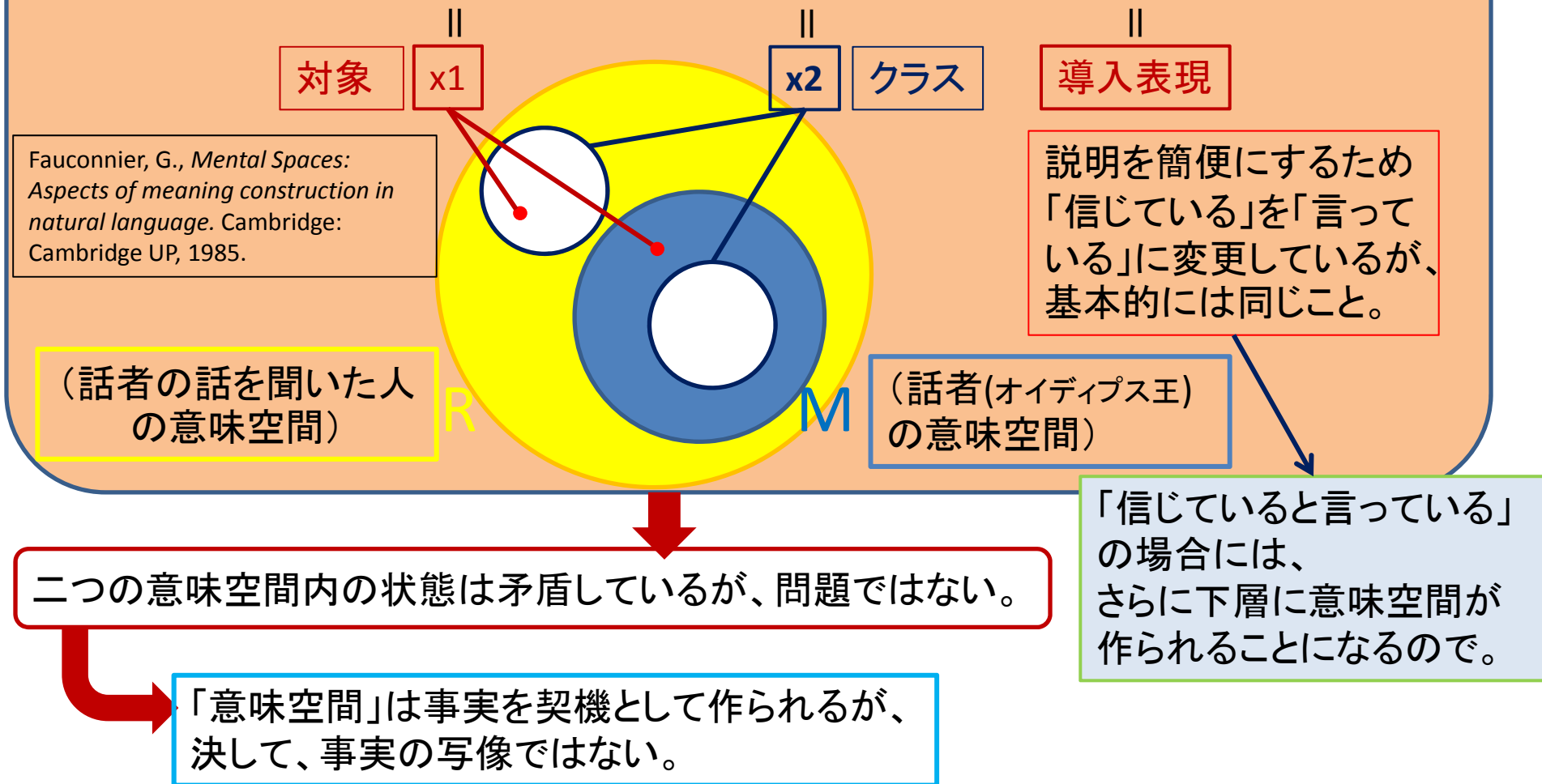
G

二つの意味空間内の成立状態は、独立している。

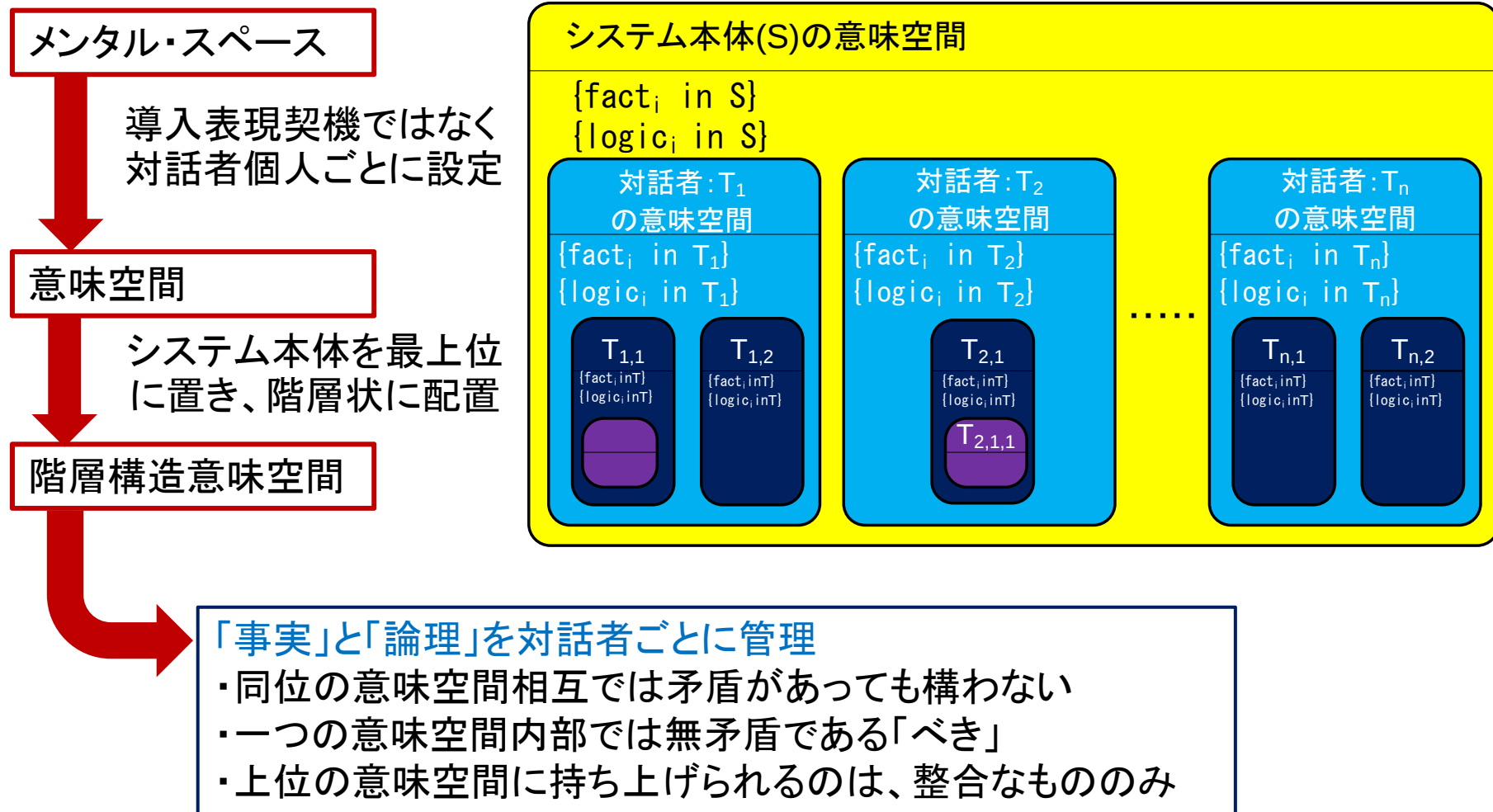
「地球」を、ある外延(たとえば「太陽系第3惑星」)に変換可能かどうかは、
ガリレオの意味空間内部でそれが「外延」として認められているか否かで決まる。

階層構造意味空間モデルによる解決

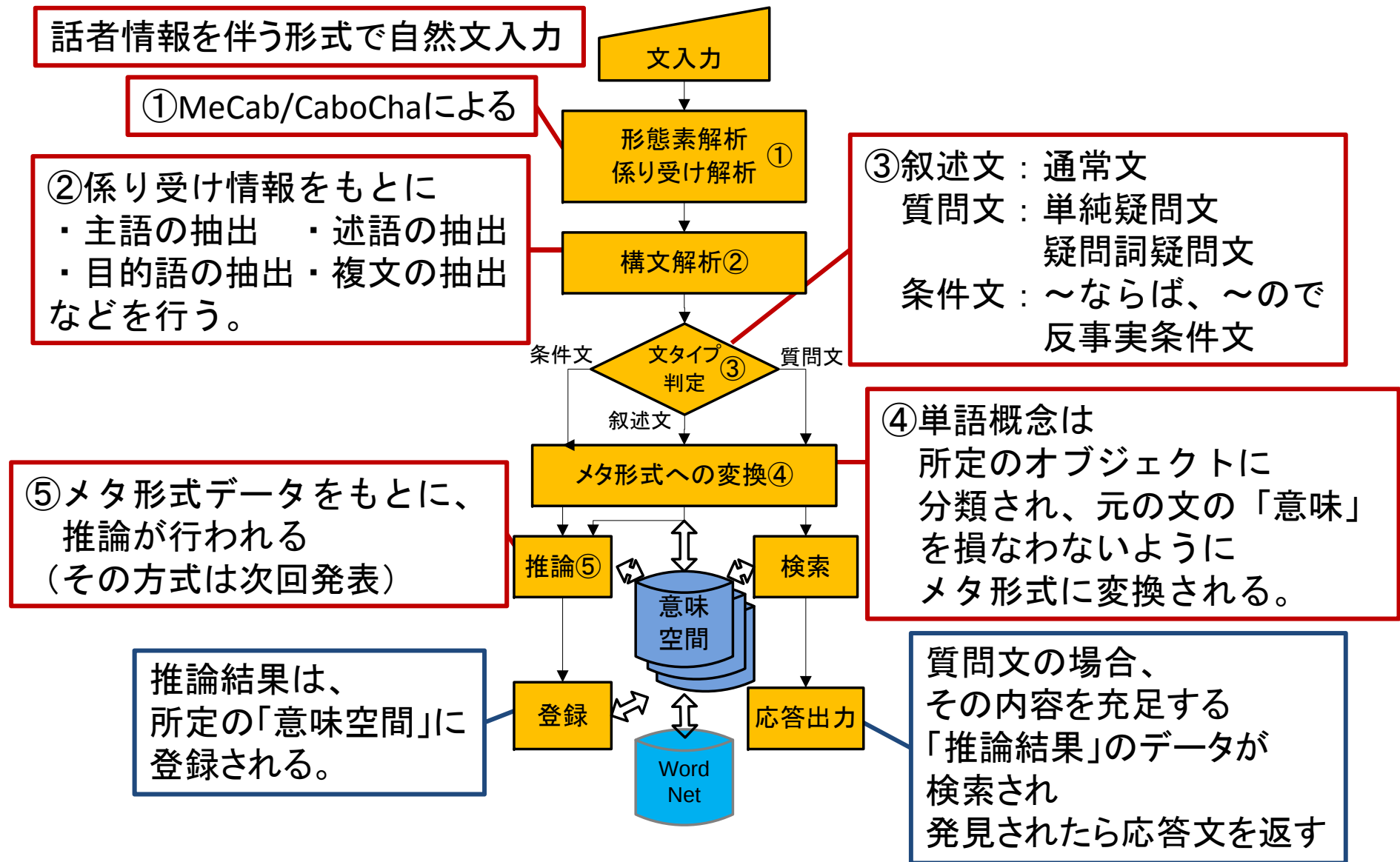
Oedipus believes that the queen of Thebes is not the queen of Thebes.
(オイディプス王は、テーベの女王はテーベの女王ではないと言っている)



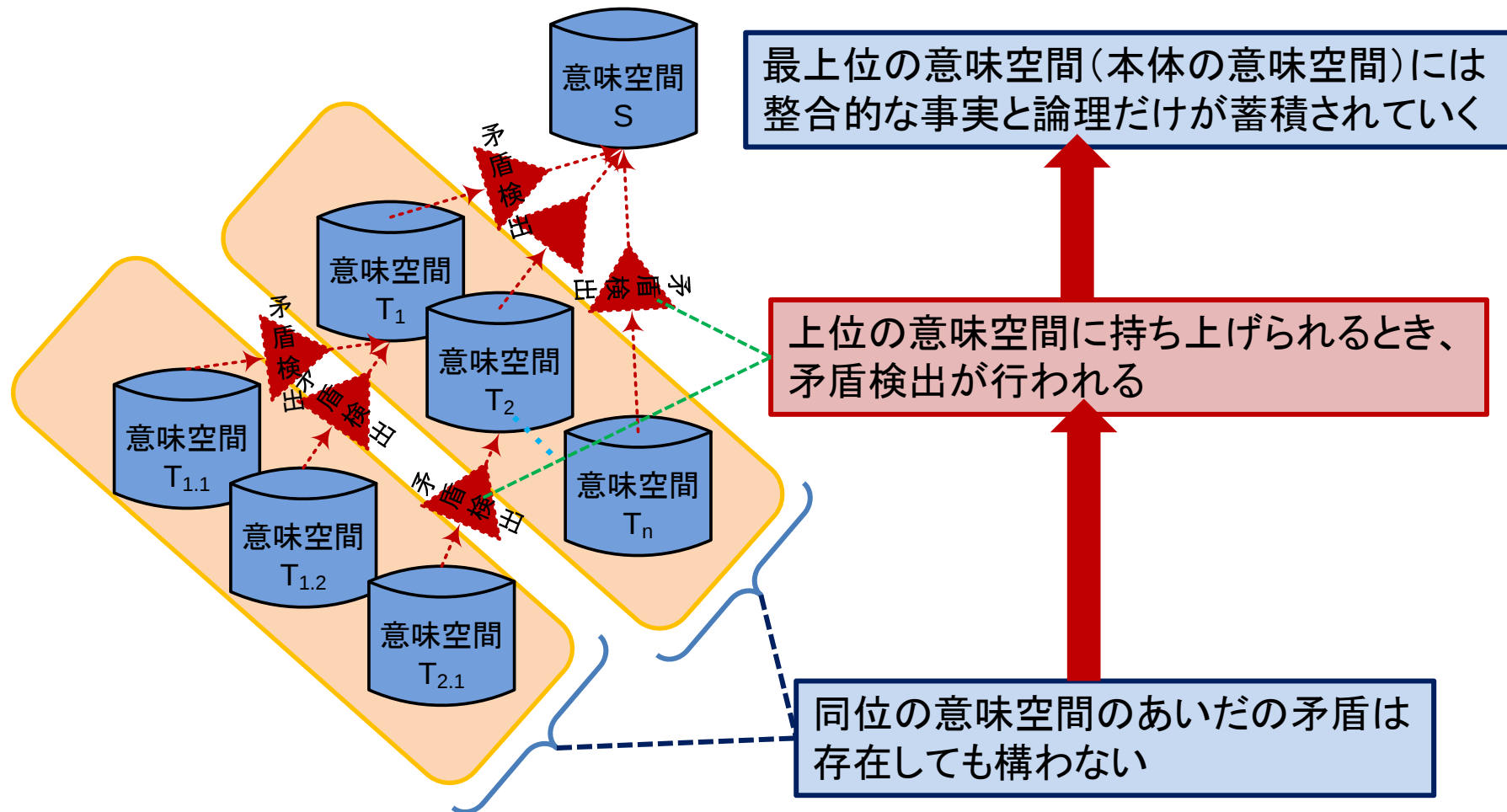
階層構造意味空間モデル／概念



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



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

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

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[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(3)

論理+論理 → 論理

連鎖

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

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[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 $Q = +[1] / -[0]$

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

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

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。

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

次回(大会)予告 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、実行するシステムについて。
(3月18日〜〈於・新潟大〉の総合大会で発表する予定。

