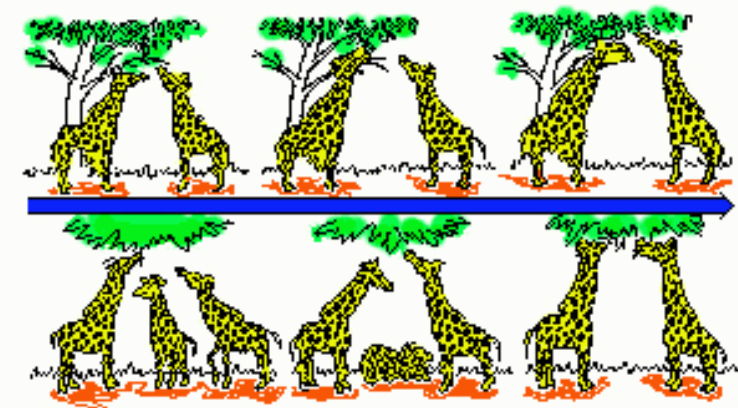


# 三段論法の推論

東京大学大学院  
情報理工学系科学研究科  
電気情報学専攻  
伊庭齐志





# 三段論法はなぜむつかしいか？

前提 1 ある芸術家は養蜂家である

大前提

前提 2 ある養蜂家は化学者ではない

小前提

結論 ある化学者は芸術家である

前提 1 作家はだれも強盗ではない

大前提

前提 2 あるシェフは強盗である

小前提

結論 あるシェフは作家ではない

前提 1 ある芸術家は養蜂家である

大前提

前提 2 すべての化学者は養蜂家ではない

小前提

結論 ある芸術家は化学者ではない

# 三段論法の難易度の差は？

20人の被験者に解かせたときの正解人数

前提 1	ある A は B である
前提 2	すべての B は C である
結論 (その 1)	ある A は C である:15
結論 (その 2)	ある C は A である:2

	大前提					
小前提	全ての A は B である	ある A は B である	どの A も B ではない	ある A は B ではない	全ての B は A である	ある B は A である
全ての B は C である	全ての A は C である:14	ある A は C である:15 ある C は A である:2	ある C は A ではない:8		ある A は C である:7 ある C は A である:3	ある C は A である:1 ある A は C である:4
ある B は C である			ある C は A ではない:9		ある A は C である:8 ある C は A である:4	ある A は C である:1 ある C は A である:4
どの B も C ではない	どの A も C ではない:13 どの C も A ではない:2	ある A は C ではない:10			ある A は C ではない:8	ある A は C ではない:1
ある B は C ではない					ある A は C ではない:12	
全ての C は B である			どの A も C ではない:9 どの C も A ではない:6	ある A は C ではない:10	全ての C は A である:12	
ある C は B である			ある C は A ではない:12		ある C は A である:16 ある A は C である:1	
どの C も B ではない	どの C も A ではない:11 どの A も C ではない:11	ある A は C ではない:11			ある A は C ではない:6	ある A は C ではない:1
ある C は B ではない						

教科書、p.13 の表を参照



# 人間はどうやっているか？

- **メンタルモデル Mental Models**
- **Johnson-Laird, 1983, ... 1999**
- **三段論法には難しいのと簡単なものがあるのはなぜか？**

- 全ての○は×である
- ある○は×である
- どの○も×ではない
- ある○は×ではない

$$4 + 4 = 8$$

- **8x8=64通りの組み合わせ(大前提、小前提) そのうち27通りに有効な結論がある**



# メンタルモデルの基本的考え方

---

- **Mental Models**
- **Johnson-Laird, 1983, ... 1999**
- 人は事態に対応するメンタルモデルを構築することによって文解釈を行う
- 反例モデルを構築することによって推論を行うという

横1列が1つの個体である

・・・は他のタイプの個体があることを示す

# メンタルモデルの記法

1. Some of the artists are  
beekeepers

artist	beekeeper
artist	beekeeper
...	

2. All of the beekeepers are  
chemists

[beekeeper]	chemist
[beekeeper]	chemist
...	

3. None of the artists are  
beekeepers

[ ]は網羅的に集合  
が表現されているこ  
とを示す

[artist]	
[artist]	
	[beekeeper]
	[beekeeper]
...	



# メンタルモデル

---

2つの前提を結合して単一のモデルを生成する:

- Some of the artists are beekeepers
- All of the beekeepers are chemists

artist	[beekeeper]	chemist
artist	[beekeeper]	chemist
...		

- よって some of the artists are chemists
  - この結論は、他にchemistsでないartistsがいる可能性と両立する。

# メンタルモデル: モデルの結合

- All of the artists are beekeepers
- All beekeepers are chemists

[artist] beekeeper

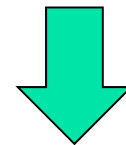
[artist] beekeeper

...

[beekeeper] chemist

[beekeeper] chemist

...



結合

[[artist] beekeeper] chemist

[[artist] beekeeper] chemist

...





# メンタルモデル

モデルの結合の仕方は複数ありうる

そのときはすべてのモデルで結論が成立する必要がある

- All of the artists are beekeepers
- Some of the beekeepers are chemists

## 結合モデル1

```
[artist] beekeeper chemist
[artist] beekeeper chemist
...
```

- all of the artists are chemists  
がモデル1で成立する
- ゆえに there is no valid  
conclusion

## 結合モデル2

```
[artist] beekeeper
[artist] beekeeper
        beekeeper chemist
        beekeeper chemist
...
```

- all of the artists are chemists  
がモデル2で成立しない



# メンタルモデル：難しい例

---

- Some beekeepers are artists.
- No beekeepers are chemists.
- よって、 Some artists are not chemists.

- Some beekeepers are artists.

```
beekeeper  artist
beekeeper  artist
...
```

- No beekeepers are chemists.

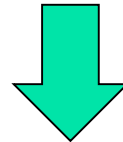
```
[beekeeper]
[beekeeper]
[chemist]
[chemist]
...
```

# モデル: その1

- Some beekeepers are artists.
- No beekeepers are chemists.

beekeeper artist  
beekeeper artist  
...

[beekeeper]  
[beekeeper]  
[chemist]  
[chemist]  
結合 ...



artist [beekeeper]  
artist [beekeeper]  
[chemist]  
[chemist]  
...

ここから導かれる結論の例

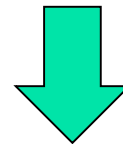
- No artists are chemists.
- No chemists are artists.

# モデル: その2

- Some beekeepers are artists.
- No beekeepers are chemists.

beekeeper artist  
beekeeper artist  
...

[beekeeper]  
[beekeeper]  
[chemist]  
[chemist]  
...



結合

## ここから導かれる結論の例

- Some artists are chemists.
- Some chemists are artists.
- Some artists are not chemists.
- Some chemists are not artists.

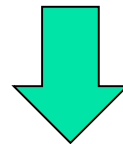
artist [beekeeper]  
artist [beekeeper]  
artist [chemist]  
[chemist]  
...

# モデル: その3

- Some beekeepers are artists.
- No beekeepers are chemists.

beekeeper artist  
beekeeper artist  
...

[beekeeper]  
[beekeeper]  
[chemist]  
[chemist]  
...



結合

## ここから導かれる結論の例

- Some artists are chemists.
- Some chemists are artists.
- Some artists are not chemists.
- Some chemists are not artists.

artist [beekeeper]  
artist [beekeeper]  
artist [chemist]  
artist [chemist]  
...

# LISPでの実行例

```
c:\%PROGRA~1%GCL-2.6.7-CLtL1%lib%gcl-2.6.7%unixport%saved_gcl.exe
>(infer '((some beekeepers are artists)(no beekeepers are chemists)))
((SOME BEEKEEPERS ARE ARTISTS) (NO BEEKEEPERS ARE CHEMISTS))
ARTIST [BEEKEEPER] -CHEMIST
      [BEEKEEPER] -CHEMIST
ARTIST
      [CHEMIST]
      [CHEMIST]
NO ARTIST ARE CHEMIST NO CHEMIST ARE ARTIST
MOVES
ARTIST [CHEMIST]
ARTIST [BEEKEEPER] -CHEMIST
      [BEEKEEPER] -CHEMIST
      [CHEMIST]
SOME ARTIST ARE NOT CHEMIST SOME CHEMIST ARE NOT ARTIST
ADDS-TO-NEGMODEL
ARTIST [CHEMIST]
ARTIST [BEEKEEPER] -CHEMIST
      [BEEKEEPER] -CHEMIST
ARTIST [CHEMIST]
SOME ARTIST ARE NOT CHEMIST NO VALID CONCLUSION
T
>
```

# メンタルモデルからの予言

- 三段論法は問題によってメンタルモデルによる結合モデルの数が異なる
  - 1モデル、2モデル、3モデル
- 結合モデルが多い問題ほど難しく、人は間違える傾向がある
- また導ける結論が存在しない問題(no valid conclusion)も1モデルより難しい

## ■ 例: 1モデル

No A are B  
All C are B  
...

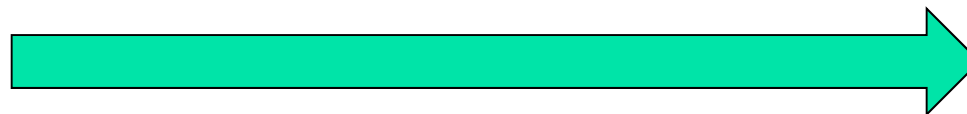
## no-valid

Some B are not A  
Some B are C  
...

## 3モデル

All A are B  
Some C are not B  
...

易



難



# メンタルモデル: 2モデル必要例

- Some artists are not beekeepers.
- All chemists are beekeepers.

artist  
artist  
artist    beekeeper    chemist  
          beekeeper    chemist  
          beekeeper  
...

- Some artists are not chemists.
- Some chemists are not artists.  
が成立する

artist  
artist  
artist    beekeeper    chemist  
artist    beekeeper    chemist  
          beekeeper  
...

- Some artists are not chemists.  
が成立する
- Some chemists are not artists.  
は成立しない



# LISPでの実行例

```
c:\%PROGRA~1%GCL-2.6.7-CLtL1%lib%gcl-2.6.7%unixport%saved_gcl.exe
>
(infer '((some artists are not beekeepers)(all chemists are beekeepers)))
((SOME ARTISTS ARE NOT BEEKEEPERS) (ALL CHEMISTS ARE BEEKEEPERS))
ARTIST -BEEKEEPER
ARTIST -BEEKEEPER
      BEEKEEPER [CHEMIST]
      BEEKEEPER [CHEMIST]
SOME ARTIST ARE NOT CHEMIST SOME CHEMIST ARE NOT ARTIST
ADDS-TO-NEGMODEL
ARTIST -BEEKEEPER
ARTIST -BEEKEEPER
ARTIST BEEKEEPER [CHEMIST]
ARTIST BEEKEEPER [CHEMIST]
SOME ARTIST ARE NOT CHEMIST NO VALID CONCLUSION
T
>
```