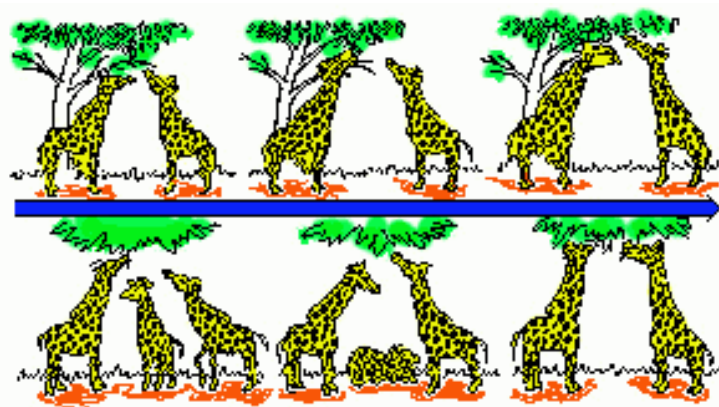
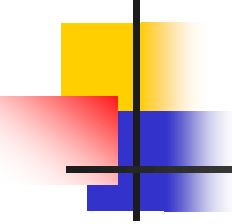




三段論法の推論

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
伊庭齊志





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

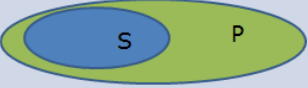
結論 (その 2) ある C は A である:2

小前提	大前提					
全ての A は B である	全ての A は B である	全ての B は A である	ある A は B である	ある B は A である	全ての A は C である:14	ある C は A である:2
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:7	ある C は A である:3	ある A は C である:8	ある C は A である:14	ある A は C である:16
ある B は C である	ある A は C である:15	ある C は A である:3	ある A は C である:8	ある C は A である:14	ある A は C である:16	ある A は C である:16
どの B も C ではない	ある C は A である:2	ある A は C である:7	ある C は A である:3	ある A は C である:8	ある C は A である:14	ある A は C である:16
どの B も C ではない	ある C は A である:2	ある A は C である:7	ある C は A である:3	ある A は C である:8	ある C は A である:14	ある A は C である:16
ある B は C ではない	ある A は C である:7	ある C は A である:3	ある A は C である:8	ある C は A である:14	ある A は C である:16	ある A は C である:16
全ての C は B である	全ての A は C である:14	ある A は C である:7	ある C は A である:3	ある A は C である:8	ある C は A である:14	ある A は C である:16
ある C は B である	ある A は C である:15	ある C は A である:3	ある A は C である:8	ある C は A である:14	ある A は C である:16	ある A は C である:16
どの C も B ではない	ある C は A である:2	ある A は C である:7	ある C は A である:3	ある A は C である:8	ある C は A である:14	ある A は C である:16
ある C は B ではない	ある A は C である:7	ある C は A である:3	ある A は C である:8	ある C は A である:14	ある A は C である:16	ある A は C である:16

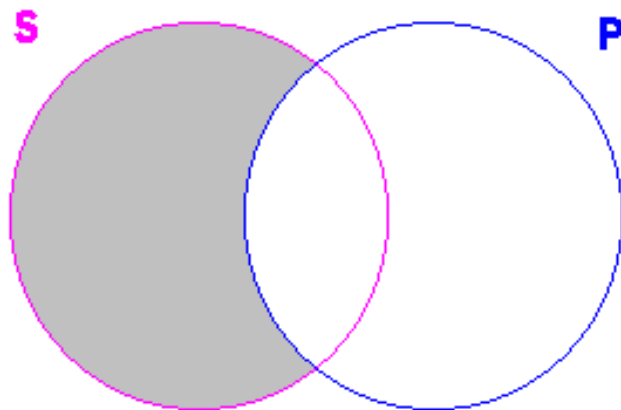
教科書、p.13 の表を参照

三段論法をどうするか？

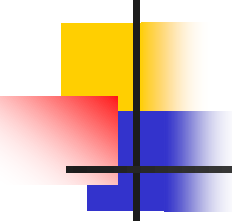
■ オイラー図？

A	ALL S is P	
E	NO S is P	
I	SOME S is P	
O	Some S is not P	

■ ベン図？



A : ALL S is P



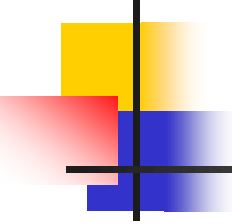
人間はどうやっているか？

- 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

$$4+4=8$$

- 
- $8 \times 8 = 64$ 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

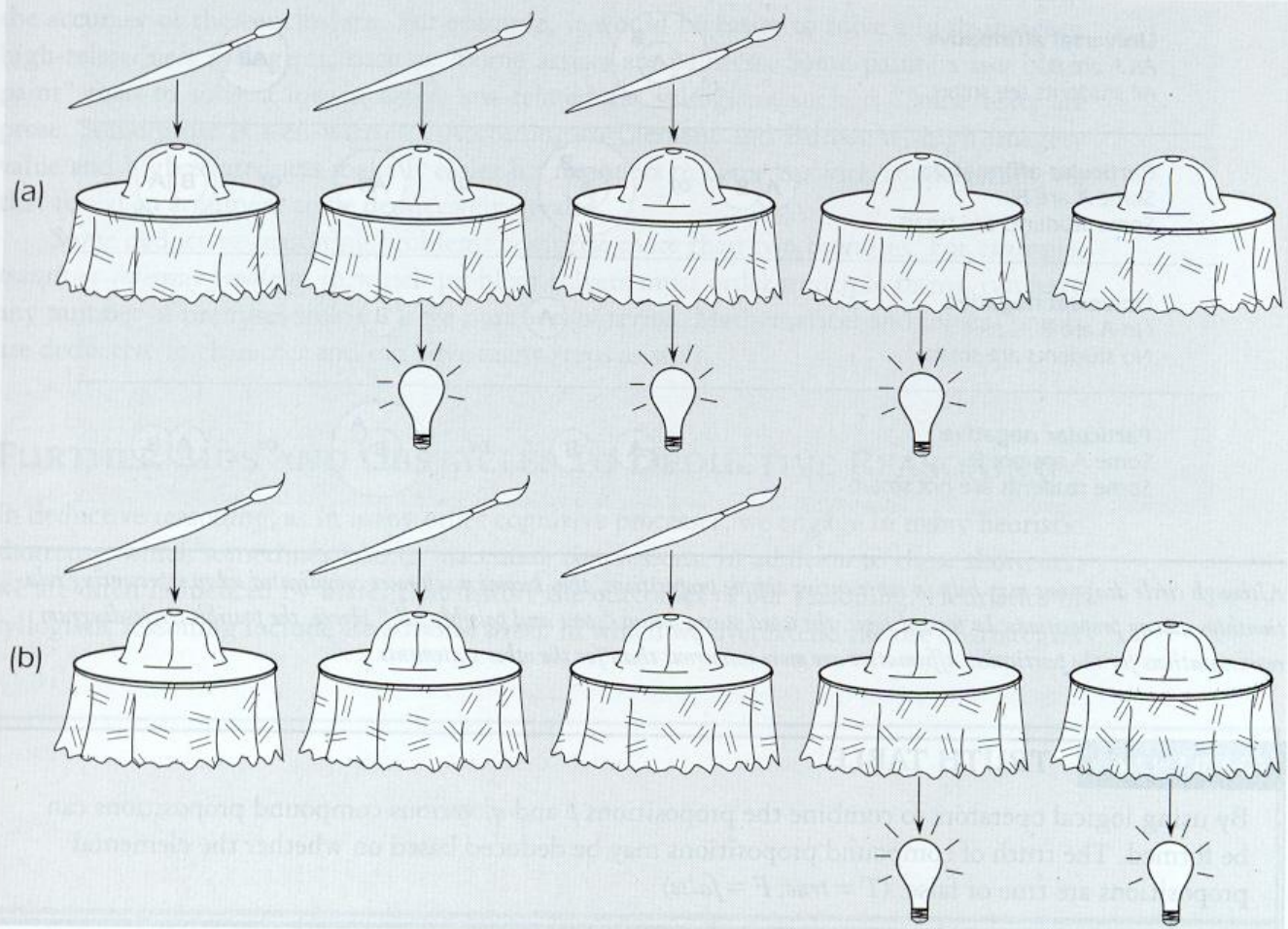
- **Mental Models**
- **Johnson-Laird, 1983, ... 1999**
- 人は事態に対応するメンタルモデルを構築することによって文解釈を行う
- 反例モデルを構築することによって推論を行うという

All of the artists are beekeepers.
Some of the beekeepers are clever.

メンタルモデル

FIGURE 12.3

MENTAL MODELS OF SYLLOGISMS



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
...	

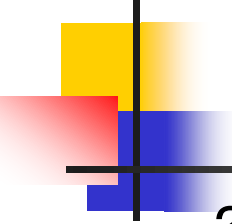
2. All of the beekeepers are
chemists

[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]
...	



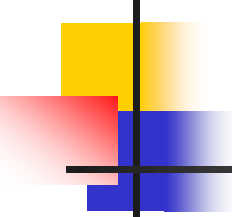
メンタルモデル

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

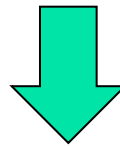
[artist] beekeeper

...

[beekeeper] chemist

[beekeeper] chemist

...

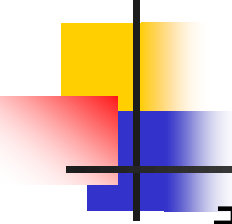


結合

[[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

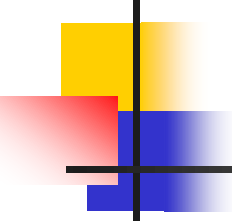
[artist]	beekeeper	chemist
[artist]	beekeeper	chemist
...		

- 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.
- No beekeepers are chemists.

beekeeper artist
beekeeper artist
...

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

モデル: その1

Some beekeepers are artists.

No beekeepers are chemists.

beekeeper artist

beekeeper artist

...

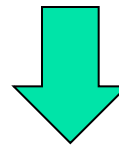
[beekeeper]

[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.

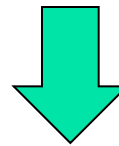
モデル: その2

Some beekeepers are artists.

beekeeper artist
beekeeper artist
...

No beekeepers are chemists.

[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

...

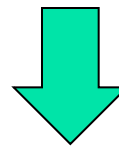
[beekeeper]

[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]

...

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
...

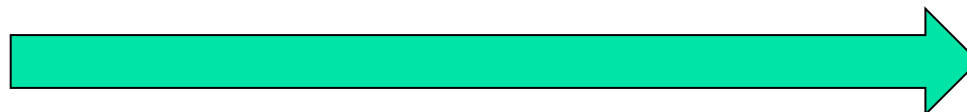
no-valid

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

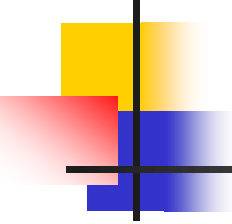
3モデル

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

三段論法の表示

表 1 A, E, I, O が表す論理関係

型の種類	命題	記号
普遍肯定	すべての S は P である	$A(S, P)$
普遍否定	すべての S は P でない	$E(S, P)$
特称肯定	ある S は P である	$I(S, P)$
特称否定	ある S は P でない	$O(S, P)$

前提 1	ある芸術家は養蜂家である	大前提	I
前提 2	ある養蜂家は化学者ではない	小前提	O
結論	ある化学者は芸術家である		I

前提 1	作家はだれも強盗ではない	大前提	E
前提 2	あるシェフは強盗である	小前提	I
結論	あるシェフは作家ではない		O

前提 1	ある芸術家は養蜂家である	大前提	I
前提 2	すべての化学者は養蜂家ではない	小前提	E
結論	ある芸術家は化学者ではない		O

三段論法の表示

表 1 A, E, I, O が表す論理関係

型の種類	命題	記号
普遍肯定	すべての S は P である	$A(S, P)$
普遍否定	すべての S は P でない	$E(S, P)$
特称肯定	ある S は P である	$I(S, P)$
特称否定	ある S は P でない	$O(S, P)$

前提 1	ある芸術家は養蜂家である	大前提	I
前提 2	ある養蜂家は化学者ではない	小前提	O
結論	ある化学者は芸術家である		I

前提 1	作家はだれも強盗ではない	大前提	E
前提 2	あるシェフは強盗である	小前提	I
結論	あるシェフは作家ではない		O

前提 1	ある芸術家は養蜂家である	大前提	I
前提 2	すべての化学者は養蜂家ではない	小前提	E
結論	ある芸術家は化学者ではない		O

アンケート結果

質問1 $E I \rightarrow O$ 真

質問2 $E E \rightarrow O$ 偽
(判定不能)

質問3 $E I \rightarrow O$ 真

質問4 $I O \rightarrow I$ 偽
(判定不能)

表 2 各条件における各質問の正答率(%)

LLM	質問 1	質問 2	質問 3	質問 4
LaMDA	90	0	100	80
Claude 2	50	30	50	100
GPT-3	40	20	40	100
GPT-4	100	70	90	100
Group 1	88	57	78	48
Group 2	65	80	86	68
Group 3	52	75	92	87
Group 4	80	82	75	100

前提1：作家はだれも強盗ではない

前提2：あるシェフは強盗である

結論：あるシェフは作家ではない

前提1：作家はだれも強盗ではない

前提2：強盗はだれもシェフではない

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

前提2：すべての化学者は養蜂家ではない

結論：ある芸術家は科学者ではない

前提1：ある芸術家は養蜂家である

前提2：ある養蜂家は化学者ではない

結論：ある化学者は芸術家である

「人工知能2025」(10月28日)

Google にログインすると作業内容を保存できます。詳細

質問1：次の3段論法は正しいか、推論の過程を示して答えよ。

前提1：ある芸術家は養蜂家である (Some of the artists are beekeepers.)

前提2：ある養蜂家は化学者ではない (Some of the beekeepers are not chemists.)

結論：ある化学者は芸術家である (Some of the chemists are artists.)

回答を入力

戻る

次へ

フォームをクリア

LLMにログを削除しながら10回質問した
判定不能を「正しくない」と答えたものも正答とした

アンケート結果

質問1 $E I \rightarrow O$ 真

質問2 $E E \rightarrow O$ 偽
(判定不能)

質問3 $E I \rightarrow O$ 真

質問4 $I O \rightarrow I$ 偽
(判定不能)

前提1：作家はだれも強盗ではない

前提2：あるシェフは強盗である

結論：あるシェフは作家ではない

前提1：作家はだれも強盗ではない

前提2：強盗はだれもシェフではない

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

前提2：すべての化学者は養蜂家ではない

結論：ある芸術家は科学者ではない

前提1：ある芸術家は養蜂家である

前提2：ある養蜂家は化学者ではない

結論：ある化学者は芸術家である

	質問 1	質問 2	質問 3	質問 4
Group 1	0.875	0.174	0.783	0.095
Group 2	0.647	0.150	0.857	0.105
Group 3	0.522	0.000	0.917	0.000
Group 4	0.800	0.000	0.750	0.000
Total	0.703	0.095	0.838	0.054

参考：
判定不能を「判定不能」と答えたもののみを正答とした

「人工知能2025」（10月28日）

[Google にログイン](#)すると作業内容を保存できます。詳細

質問 1：次の3段論法は正しいか、推論の過程を示して答えよ。

前提 1：ある芸術家は養蜂家である (Some of the artists are beekeepers.)
前提 2：ある養蜂家は化学者ではない (Some of the beekeepers are not chemists.)
結論：ある化学者は芸術家である (Some of the chemists are artists.)

回答を入力

[戻る](#)

[次へ](#)

[フォームをクリア](#)