

学際情報学第3回講義資料
情報と人間1
—情報学に基づく人間理解の系譜—

植田一博

‡: このマークが付してある著作物は、第三者が有する著作物ですので、同著作物の再使用、同著作物の二次的著作物の創作等については、著作権者より直接使用許諾を得る必要があります。

情報と人間

■ 5月10日の講義

- 情報学，特に認知科学による人間理解の系譜
- 人間を（環境との間でインタラクションをおこなう）情報処理装置と見做す考え方
- 人間の知とコンピュータの知との類似性→相違性

■ 5月17日の講義

- 人間の知はいかなる点でコンピュータの知と異なるのか
- 潜在と顕在，情動，進化がキーワード

認知科学の誕生

- 1910頃 行動主義（例：パブロフの実験）
刺激—反応の連鎖として人の心を理解
- 1950 **認知科学の誕生**（←コンピュータの誕生）
- 1970～ 認知科学の発展



Wikipediaより転載（http://ja.wikipedia.org/wiki/ファイル:One_of_Pavlov%27s_dogs.jpg）

パブロフ博物館にあるパブロフの犬

US → UR（唾液分泌）
（餌）

US → UR（聴覚反応）
（音）

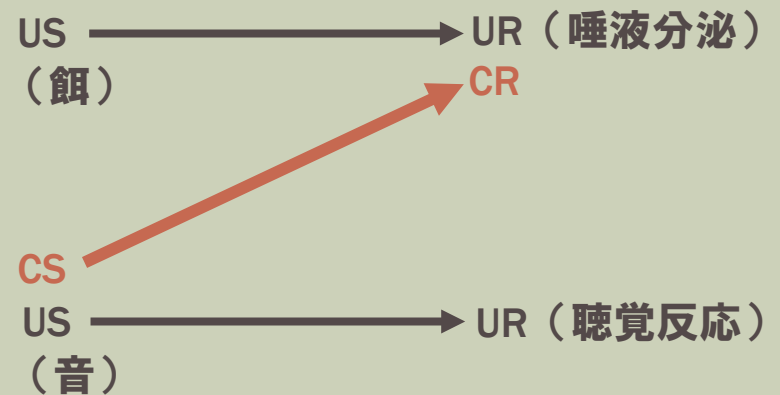
認知科学の誕生

- 1910頃 行動主義（例：パブロフの実験）
刺激—反応の連鎖として人の心を理解
- 1950 **認知科学の誕生**（←コンピュータの誕生）
- 1970～ 認知科学の発展



Wikipediaより転載（http://ja.wikipedia.org/wiki/ファイル:One_of_Pavlov%27s_dogs.jpg）

パブロフ博物館にあるパブロフの犬



行動主義 VS. 認知科学

行動主義 = (外から観察可能な) 刺激と反応の連合 (対) の連鎖として
認知を考える (例) 条件づけ学習



計算機科学 = データ (入出力) 構造とその処理 (アルゴリズム) の探究



行動主義 VS. 認知科学

行動主義 = (外から観察可能な) 刺激と反応の連合 (対) の連鎖として
認知を考える (例) 条件づけ学習



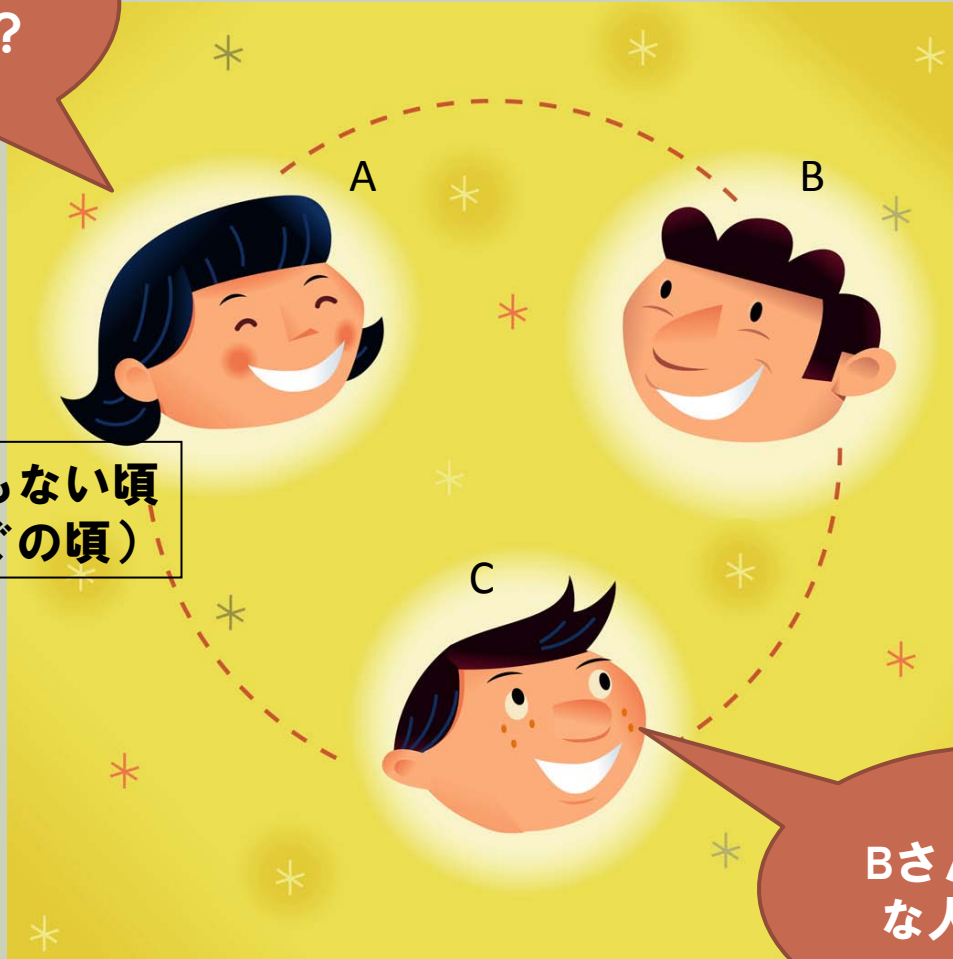
計算機科学 = データ (入出力) 構造とその処理 (アルゴリズム) の探究
認知科学 = 認知を心の **表象** の構造とその構造を操作する **手続き** によって理解



表象とは何か

Bさんはどんな人かしら？

知り合っ間もない頃
(入学してすぐの頃)



Bさんはどんな人かな？



表象とは何か

Bさんはこんな人ですよ



知り合っ間もない頃
(入学してすぐの頃)

知り合っしばらくすると

Bさんに対する一貫した知識を作り、それにより予想(推論)をしている
→このような知識が**表象**の、知識に基づく推論が**表象の操作**の例



Bさんだと
こんな行動(発言)をする



認知科学の発展

- 初期認知科学の3つの特徴
 - 表象主義
 - 計算主義
 - 記号主義
- 明示的な知識とその論理的な操作に焦点が当てられていた
 - 論理的な情報処理 → 生体としての情報処理
- やがて認知科学の前提のいくつかに疑問が投げかけられた
 - 明示的な知識（記号）／顕在的な処理 → 潜在的な処理（5月17日の講義）
 - 身体と切り離された認知 → 身体性の認知（情報科学概論Ⅱ）
 - 環境と切り離された認知 → 環境と認知の相互作用
 - 個人での認知 → 社会的な認知

初期の前提：論理的な推論

- アリストテレス以来の西欧論理学の流れ
- 前件肯定式 (modus ponens)
 - $P \rightarrow Q$ (PならばQ) とPとからQを導くような推論
 - 具体例
 - 「荷物を運べば1000円もらえる」と「荷物を運ぶ」とから、「1000円もらえる」を推論する
 - $P \rightarrow Q$ とPからQ, $P \rightarrow Q$ と $\neg Q$ から $\neg P$ (対偶) は常に真 (逆は必ずしも真ならず)
- いかなる内容に対しても成り立つ**普遍的なルール**
- 人も日常的な推論において、(苦もなく)このような推論ルールを用いている

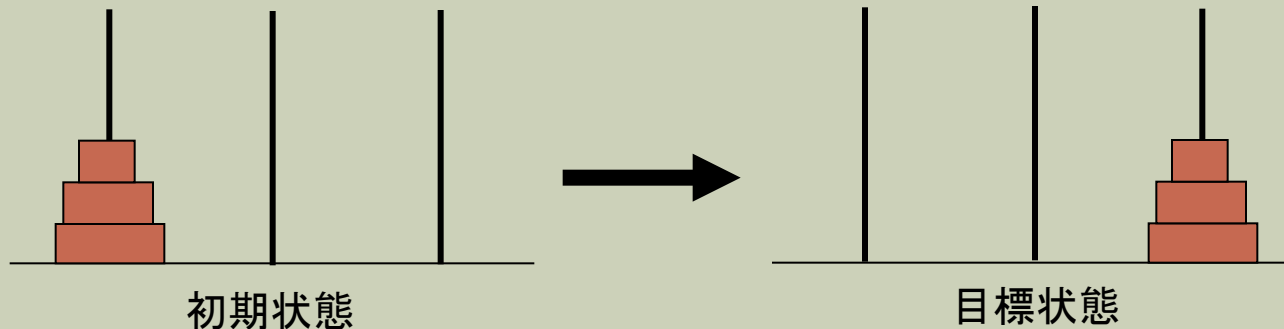
初期の人工知能モデル

- 人間の思考（推論や問題解決）をシミュレートすることのできるモデル
 - Logic Theorist (Newell & Simon, 1956)
 - 一般問題解決器GPS (Newell & Simon, 1972)
- **問題内容に依存しない汎用的ルール**を利用して推論・問題解決を行うモデル
 - 問題解決＝汎用的なルールを用いた探索

一般問題解決器GPS

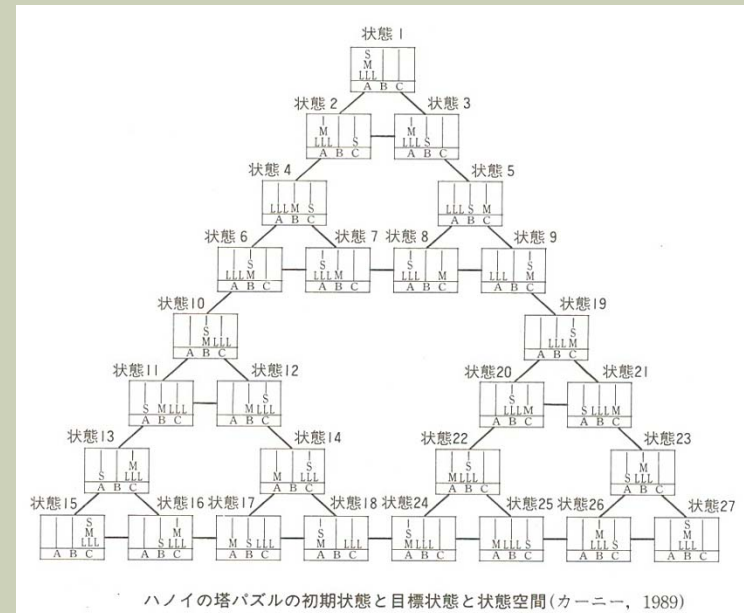
—ハノイの塔を例にして—

- 初期状態のように3枚のディスクが1つのペグにささっている。いま、以下の条件でディスクを1枚ずつ動かして、目標状態にしたい。どのように動かせば最小の手数で済むか？
 - 条件1：1回に移動できるディスクは1枚のみである
 - 条件2：小さいディスクの上に大きいディスクを乗せることはできない
 - 条件3：同じペグに複数のディスクがある場合には、その中でもっとも小さなディスクが移動できる



状態空間分析

- 問題のルールだけを用いて、問題解決者が必要とする完全な情報をもつダイアグラムを構成すること
 - 起こり得るすべての状態が含まれる
 - 問題解決の過程 = 可能な操作系列の中から、最終的なゴールにつながる操作系列を求めて、状態空間を探索すること
- 問題の基本構造の分析



ハノイの塔パズルの初期状態と目標状態と状態空間 (カーニー, 1989)

† H・カーニー『認知心理学講座3—問題解決』認知科学研究会訳、海文堂出版、1989年、p.152

情報処理アプローチの利点

■ 問題解決の明瞭な定義

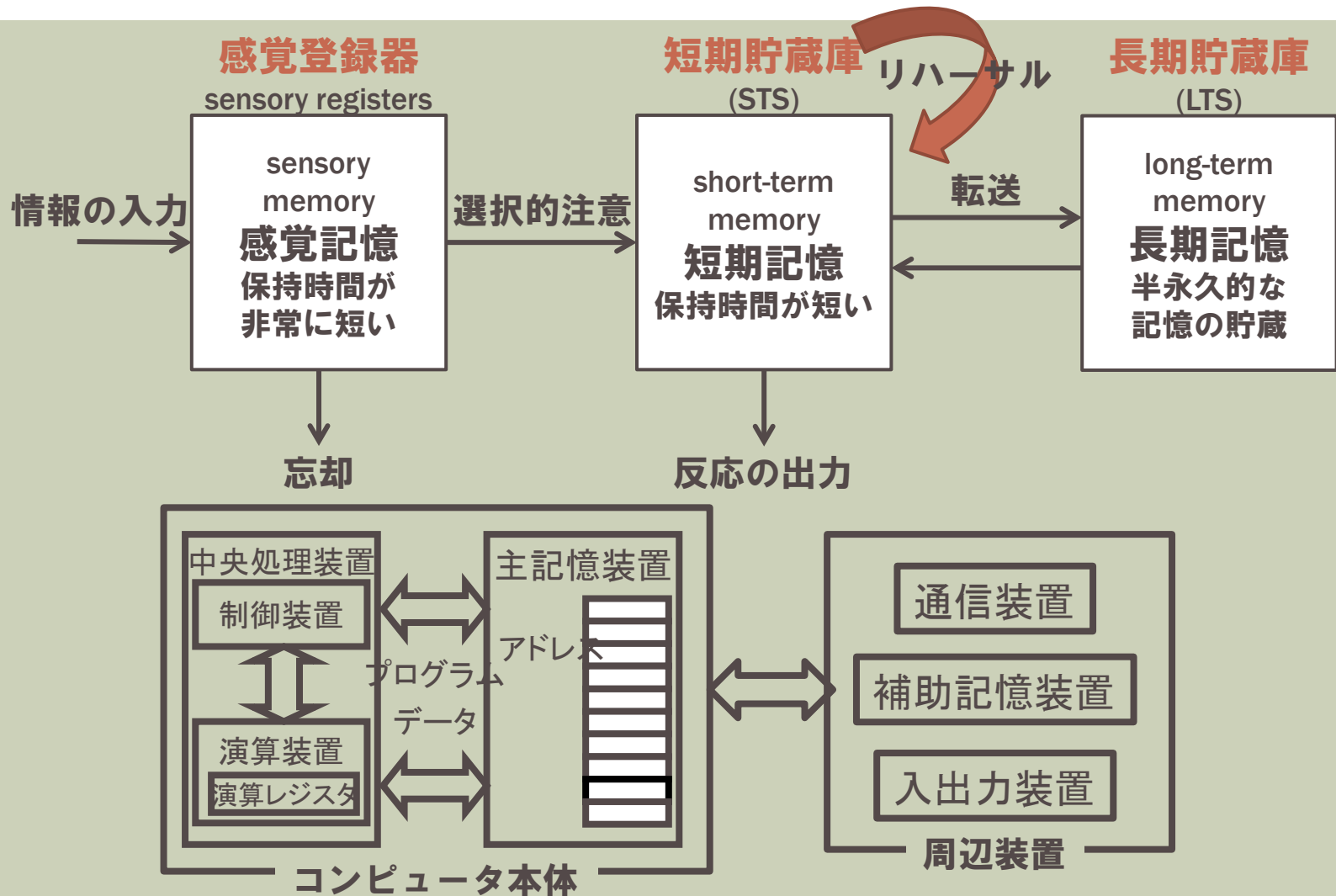
- 問題解決 = 問題空間の探索
- 様々な探索**アルゴリズム**を生んだ
 - 深さ優先探索, 幅優先探索, 最良優先探索, 最小コスト探索, 山登り法, A*アルゴリズム, ミニマックス法, アルファ・ベータ法

■ 情報科学をベースにしたいくつかの認知モデルの誕生

- 記憶の二重貯蔵モデル
- Marrの視覚処理モデル

記憶の二重貯蔵モデル

(Atkinson & Shiffrin, 1968; 1971)

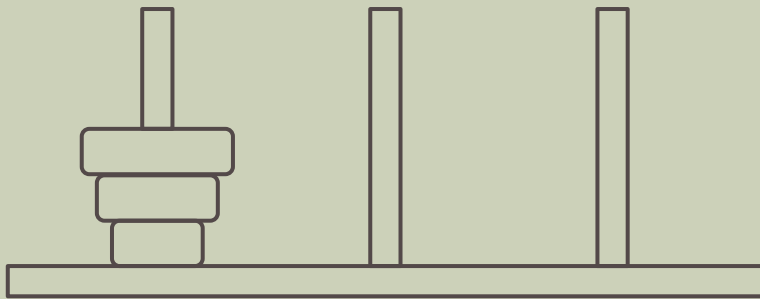


初期の知能観に対する疑問

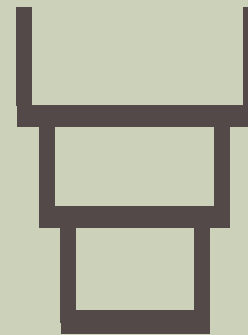
- 人を汎用的なルールを論理的に処理する情報処理装置とみなす知能観
- しかし、1970年代以降、このような知能観を見なおさざるを得ない心理実験の結果が提出された
- 異種同型問題
 - 問題の表現（カバーストーリー）＝表象が異なる一方で、問題の基本構造（状態空間）が同じような問題群
 - 異種同型問題のあいだでは、人間の解決パフォーマンスが大きく異なる場合があることが知られるようになった
 - 問題解決：ハノイの塔・宣教師の川渡り問題とその同型問題
 - 推論：4枚カード問題とその同型問題

異種同型問題の例

- 「逆さハノイの塔」における3つの制約
 - 一度に一枚のディスクしか移動できない → ほぼ自明
 - 移動するディスクは移動先のペグにあるディスクよりも大きくなければならない → 自明でない
 - 同じペグに複数のディスクがある場合には、その中でもっとも大きなディスクが移動できる → ほぼ自明



逆さハノイの塔



ディスクをコップに置き換えた場合

条件推論

- 条件文：「もしPならばQが成り立つ」という形をした文
 - $P \rightarrow Q$
 - 例：荷物を運べば1000円もらえる
 - この文の真偽（真理値）は、PとQの各々の真理値にのみ依存
- 実質等値： $P \leftrightarrow Q = P \rightarrow Q \wedge Q \rightarrow P$

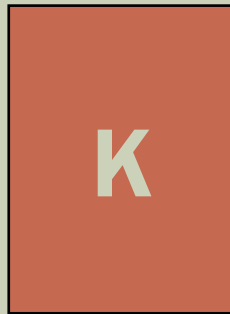
P	Q	$P \rightarrow Q$	$P \leftrightarrow Q$
真	真	真	真
真	偽	偽	偽
偽	真	真	偽
偽	偽	真	真

	前提1	前提2	結論	論理的妥当性
前件肯定	$P \rightarrow Q$	P	Q	真
後件否定	$P \rightarrow Q$	$\neg Q$	$\neg P$	真
後件肯定	$P \rightarrow Q$	Q	P	偽
前件否定	$P \rightarrow Q$	$\neg P$	$\neg Q$	偽

4枚カード問題（ウェイソン選択課題）

- 一方の面に数字，他方の面にアルファベットが書いてある4枚のカード(Wason, 1966)

「もしあるカードの片面に母音を書いてあるならば，そのカードの裏面には偶数が書いてある」というルールが成り立っているかどうかを確かめるために，必ずめくって見なければならぬカードはどれか



4枚カード問題の正解

「表が母音 (P) ならば, 裏は偶数 (Q)」というルールの検証



$P \rightarrow Q$ の成立



$\neg P \rightarrow$ 不定



$Q \rightarrow$ 不定



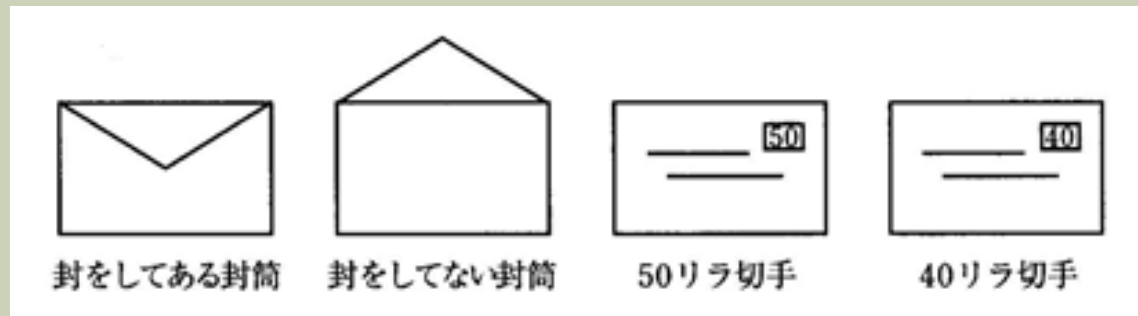
$\neg Q \rightarrow \neg P$ の成立

- 答えは「Eと7のカードをめくる」
- ところが正解率は10%程度 (Wasonの実験では4%)
→人は一般的な規則に基づく論理的な推論が苦手なのか?

封筒問題：変形4枚カード問題

(Johnson-Laird et al, 1972)

- 「もし封がしてあったら，50リラの切手を貼らなければならない」というルールがあります。あなたは郵便局員になったつもりで，調べなければならないものを選んでください。



- 答：「封をしてある封筒」と「40リラ切手が貼ってある封筒」
- 正答率は 88%
- **主題材料効果**：具体的な材料を使えば推論できる

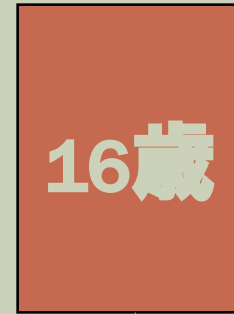
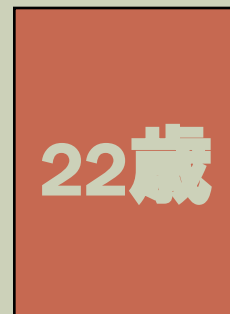
主題材料効果では説明のつかない事柄

- 単に問題内容を具体化するだけでは効果なし
- 「私は鱈を食べるならジンを飲む」という具体的なルールを与えたが、正答率は向上しない(Manktelow & Evans, 1978)
- 封印の有無によって料金が異なるという郵便制度に馴染みのないアメリカの学生に封筒問題を与えたが、正答率は低かった(Griggs & Cox, 1982)
- 主題材料効果 → **記憶手がかり説**

飲酒問題：変形4枚カード問題

(Griggs & Cox, 1982)

- この課題では、あなたは勤務中の警官だと想像してください。あなたの仕事は、ある規則を守っているかどうかを調べることです。あなたの前にあるカードには、テーブルについている4人の人々の情報が書かれています。カードの片面には年齢、もう一方の面にはその人が飲んでいるものが書かれています。規則は次の通りです。人々が規則に違反しているかどうかを決定するために、明らかに必要なカードを選んでください。
 - もしある人がビールを飲んでいるならば、その人の年齢は19歳を超えていなければならない。



飲酒問題の結果とその意味

- 正解率が73%にも達した
- 飲酒問題は人の経験（長期記憶）に関する問題
- 人は、既に経験した馴染みのある状況においては正しく推論できる
- 人は、記憶にある具体的な知識をもちいて推論している可能性がある
 - その後、知識の性質や獲得の仕方を調べる研究が盛んになる

ここまでのまとめ

- 当初，人間の知性は論理的な推論能力だと考えられていた
- しかし，一連の4枚カード問題を使った実験研究から以下が示唆された
 - 記憶にある具体的な知識（**領域固有の知識**）を用いた推論の可能性

実用的推論スキーマ説

■ 4枚カード問題 vs. 飲酒問題

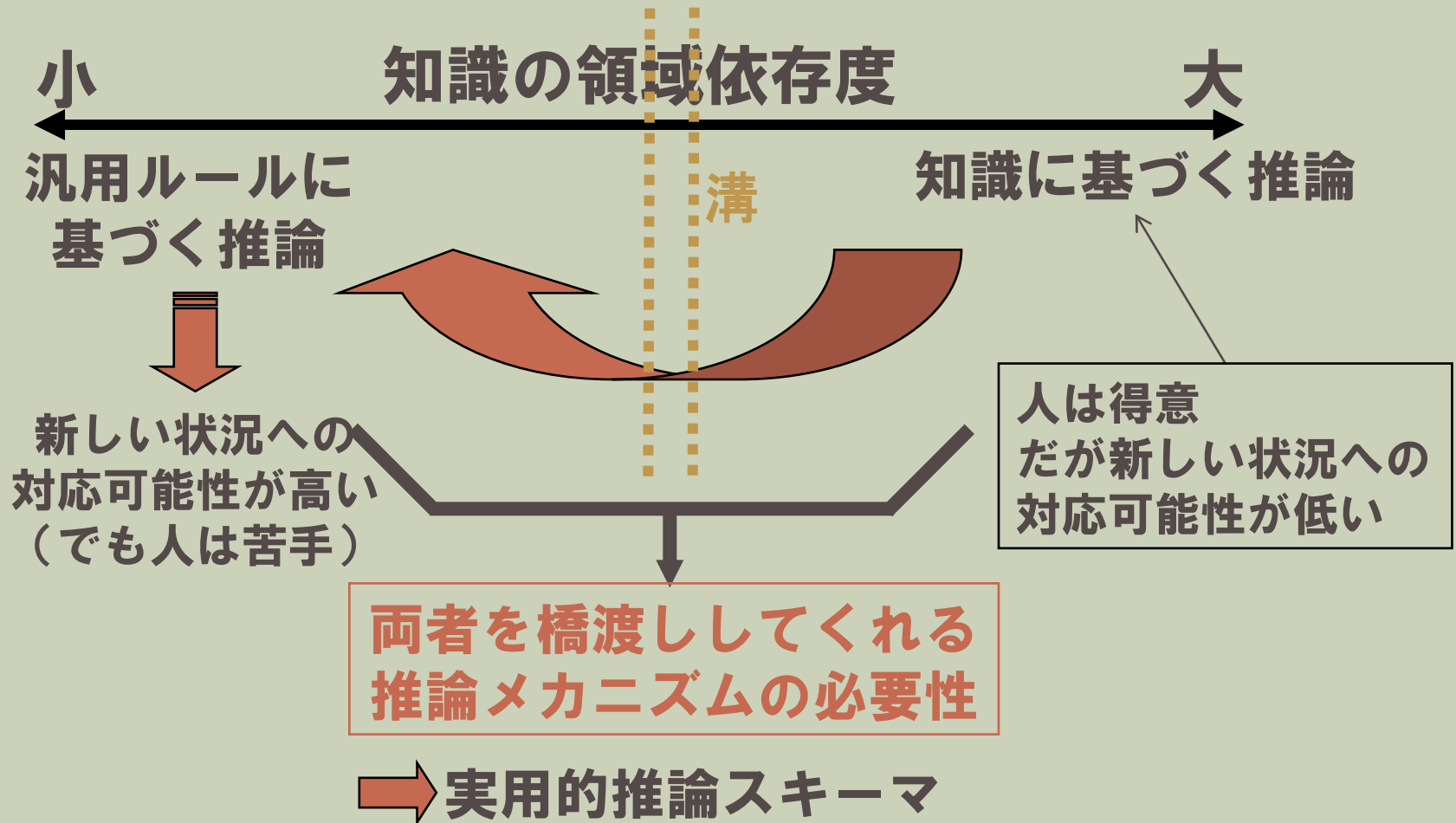
- 具体的な材料を用い、経験に結びついていること
- **規則成立（義務・規則違反）の意味** 合い

E	K	4	7
ビールを飲んでいる	コーラを飲んでいる	22歳	16歳

■ **実用的推論スキーマ** (Cheng & Holyoak, 1985)

- 許可スキーマ
 - もし行為がなされるならば、前提条件が満たされていないなければならない。
- この適用により、飲酒問題の解決が容易になった
- $P \rightarrow Q$ のような抽象的・形式的な規則と個別具体的な知識の中間にある「**中程度に一般的な知識**」

橋渡しのメカニズム



コレラ問題：変形4枚カード問題

- ウェイソン選択課題に許可スキーマ（中程度の一般的な知識）が関与していることを検証
 - なじみのない状況における問題
- 国際空港の入国審査官という想定で，以下を確認するために，必ずめくってみなければならないカードはどれか(Cheng & Holyoak, 1985)
 - もし片面が「入国」であれば，裏面の予防接種リストにコレラが含まれている

入国

乗り換え

コレラ
腸チフス
肝炎

腸チフス
肝炎

コレラ問題の結果

- **実験参加者：香港の大学生とミシガン大の学生**
 - 香港の大学生は，封筒問題のような郵便規則の経験があったため，許可スキーマを自発的に適用しやすいと予想された
- **実験条件：理由づけがある条件とない条件**
 - 病名は旅行者が受けた予防接種のリストであり，旅行者がコレラに免疫があるかどうかを確認するためである
- **結果**
 - 理由づけがない条件では，香港の大学生のみ正答率が高かった
 - 理由づけがある条件では，いずれの大学生も正答率が高かった
- **解釈**
 - 理由づけにより許可スキーマが適用され，正答率が向上
 - コレラ問題のような状況を経験していなくても，具体的な経験を応用できた
 - 実用的推論スキーマは，中程度の抽象度をもった知識である

進化心理学

—実用的推論スキーマ説からの新たな研究展開—

- **社会契約説**(Cosmides, 1990)
- 4枚カード問題における**実用的推論スキーマ**
 - いわゆる「裏切り者」の検知
 - 互恵的利他行動の発達と同時に、「裏切り者」を検知する認知モジュールが進化的に獲得された（生得的な心の仕組み）
 - その具体的な表象が実用的推論スキーマ
- 人間の認知機構は環境への適応の結果として獲得されたという前提
 - 自然淘汰の考え方
 - 高度に適応的な心の性質が、進化の過程で心の基本的な特徴となった

コスミデスの実験課題：変形4枚カード問題

- 人間規範のばに、社会が、交換の敏に、おを、け、る、基、本、で、あ、る、**「も、し、な、利、益、を、得、て、い、う、い、う、**

な、じ、み、の、な、い、状、況、→、架、空、の、文、化、に、お、け、る、逸、話
- ある。は、あ、さ、に、ル、ー、ド、を、食、べ、て、い、る、

あ、さ、養、な、ば、こ、の、で、ツ、栄、つ、ら、ら、ど、

あ、さ、養、な、ば、こ、の、で、ツ、栄、つ、ら、ら、ど、

あ、さ、養、な、ば、こ、の、で、ツ、栄、つ、ら、ら、ど、

あ、さ、養、な、ば、こ、の、で、ツ、栄、つ、ら、ら、ど、

キャツサバ
を食
べてい
る

モロナツツ
を食
べてい
る

顔に入れ墨
がある

顔に入れ墨
がない

コスミデスの実験結果

- 高い正答率と主題材料効果
- さらに、同じカード問題を用いて、許可の形ではあるが、社会契約ではない文脈を与えた
 - ルールとして「顔に入れ墨があるならば、キャツサバを食べていなければならない」（逆転問題）を与えた
 - 「キャツサバを食べている」と「顔に入れ墨がない」が選ばれやすい（正答は、「顔に入れ墨がある」と「モロナッツを食べている」）
- 解釈
 - 人は利得—対価構造に敏感である
 - 許可スキーマは自動化された知識（身体化された知識）
 - 許可スキーマを前提とする実用的推論スキーマ説よりも、社会契約説を支持する結果

まとめ

- 情報学（認知科学）による人間理解の系譜の一端
- 当初、人間を（環境との間でインタラクションを行う）情報処理装置と見做していた
 - 汎用的なルールを用いる論理的推論装置としての人間
- 研究が進むにつれわかってきたこと
 - 人は具体的な材料を使えば推論できる（主題材料効果）
 - 人は領域固有の知識を用いて推論を行っている可能性（記憶手がかり説）
 - 人は中程度に一般的な知識を用いて推論を行っている可能性（実用的推論スキーマ説）
 - 新しい状況への対応可能性
 - 人間の認知機構は、環境への適応の結果として獲得された可能性（進化心理学）
 - 自動化された知識（身体化された知識）
 - 計算機の知と人間の知の違い
- 計算機と対比される情報処理→生体としての情報処理