

認知を敏感にする

思考の図式
問題空間とその探索
同型問題の謎

思考の形式

- 問題解決(problem-solving)
 - ゴールを達成する。
- 推論(reasoning)
 - 与えられた前提に何かを付け加える。
 - 演繹(deduction)
 - 帰納(induction)
 - 類推(analogy)
 - 仮説推論(abduction)

演繹

- 前提に妥当な規則を適用することにより、結論を得る。
 - 認知科学者は講義が上手だ。 P Q
 - 鈴木は認知科学者だ。 P
 - 鈴木は講義が上手だ Q
- 前提が正しい限り必ず正しい結論が生まれる。
- 結論はそもそも前提に含まれている。

帰納

- 与えられた特殊事例から一般的法則を導く。
 - 認知科学者の鈴木は、講義が上手だ
P R Q
 - 認知科学者の佐伯は、講義が上手だ
P S Q
 - 認知科学者は講義が上手だ
P Q
- 帰納から得られる結論は正しいという保証はない。
- ただし、新しい知識を生み出す。

類推

- 既知の事例と類似した事例が同じ結論を持つとする推論
 - 鈴木は講義が上手だ
P Q
 - 佐伯は鈴木と似ている。
R P
 - 佐伯は講義が上手だ
R Q
- 必ず正しい結論が生み出されると限らない。
- 新しい知識を生み出す。

仮説推論

- 既知の事例の結論が成り立っている事例において、前提も成り立つとする推論。
 - 認知科学者は講義が上手だ
P Q
 - 鈴木は講義が上手だ
R Q
 - 鈴木は認知科学者だ
R P
- 新しい結論を導き出す。
- 正しいという保証はない。

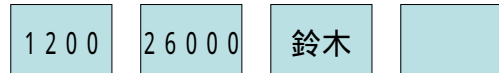
Wasonの選択課題1

- 下に4枚のカードがあります。このカードの片面には数字が、もう片面には平仮名、あるいはカタカナが書かれてあります。さてこのカードは「表が奇数ならば裏は平仮名」となるよう作られていると言います。本当にそうになっているかを調べるためにはどのカードを裏返してみる必要がありますか。何枚裏返してもかまいませんが、必要最小限の枚数にすること。



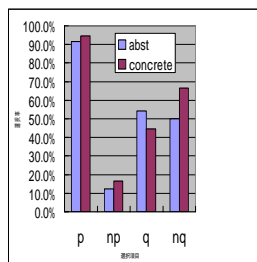
Wasonの選択課題2

- あるデパートでは1万円以上の売上传票の裏には主任のはんこが必要である。今、4枚の売上传票が下に並んでいる。上野規則が守られているかどうかを確かめるためには、どの伝票を裏返してみる必要があるか。何枚裏返してもかまわないが、必要最小限の枚数にすること。(なお「鈴木」とあるのは鈴木主任のはんこを示す)



結果

- 文字課題での正答率は18%。
- デパート課題での正答率は35%。
- 同じ問題なのにどうしてこんなに違うの？
- ただし、各項目の選択比率自体はあまり変わらない。



実用的推論スキーマ

- 許可スキーマ
 - ある行為をするためにはその前提を満たさねばならない。
 - ある行為をしないのならば、その前提を満たす必要はない。
 - 前提を満たしているのであれば、その行為を行ってもよい。
 - 前提を満たしていないのならば、その行為を行ってはならない。
- 人は問題の意味(許可)を考慮したルールを持っている。
- 意味が共通である場合には、広い範囲に適用可能。

Modus Ponens

- 雨が降れば濡れる
- 雨が降った
- 濡れる
- 雨が降れば濡れる
- 傘をさせば濡れない
- 雨が降った
- ?

人はなぜ論理に従わないか？

- 前提が必ず真？
- 前提以外のことを考えてはいけない？
- シンボル？
 - もし患者が頭痛であれば、アスピリンを与える
 - もし患者が頭痛であり、かつアスピリンアレルギーであれば、???

文盲の人の推論

- 問題: 綿は暑く乾燥したところに育つ。イギリスは寒く、湿気が多い
- 被験者: わからない。私はカシュガルにしかいたことがないから、わからない。
- 実験者: よく考えて。
- 被験者: もし土地がよければ綿は育つ。じめじめしていれば育たない。カシュガルならば育つよ。

4枚カード問題の同型問題

- 弁護士活動をするなら司法試験にパス
 - 弁護士活動をしている
 - 弁護士活動をしていない
 - 司法試験にパスした
 - 司法試験にパスしていない
- おやつを食べるのなら、野菜を食べる。
 - おやつを食べている子
 - おやつは食べない子
 - 野菜を食べた子
 - 野菜を食べなかった子

問題解決

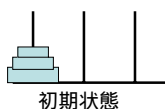
- 初期状態: はじめの状態
- ゴール: 目標とする状態
- オペレータ: 状態を変化させるもの(操作子)
- オペレータ適用制約: オペレータが適用できる条件
- 問題空間: 状態に可能なオペレータを適用した結果生み出される全状態。

探索としての問題解決

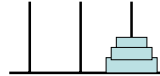
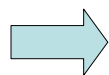
- 問題空間(状態空間)
 - 問題は状態とそこに適用可能なオペレータによってある空間 = 問題空間を構成する。
- 問題解決: オペレータを用いて、初期状態をゴールへと遷移させること。
- 評価関数: 適切なパスを通して無駄なく目標状態に達するかどうかを判定するための関数(ふつうは問題に固有)。

良定義問題

- ハノイの塔



初期状態



ゴール

制約

- ・一度に一枚
- ・大きい物の上に小さい物を置く
- ・下のものは動かせない

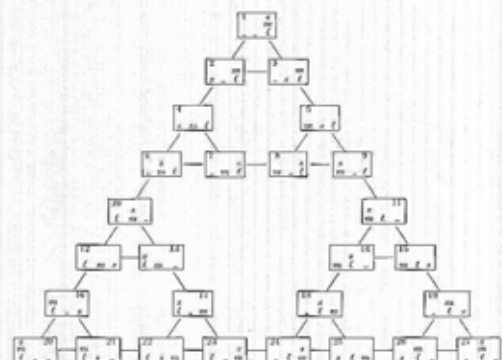
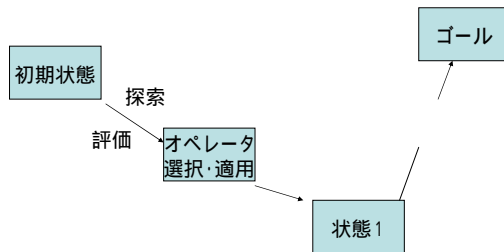


図 1: Problem space of the Tower of Hanoi

探索の基本図式



基本的な探索

- 幅優先探索(width-first search)
 - ある時点で可能な状態をすべて列挙していくことを繰り返す。目標状態と一致する状態が見つかったらそこで終了。
- 深さ優先探索(depth-first search)
 - 経路を先へ先へと探索し、だめだったら1つ前に戻り(backtrack)、別の経路に行く。これを繰り返す。
- いずれも膨大なメモリー空間を必要とする(組み合わせ爆発)。

問題空間の探索

- 良定義問題は問題空間の探索として特徴づけられる。
- しかし、一般に問題空間は膨大(組み合わせ爆発)
- よって適切な探索を行うことが必要。
 - 評価関数: 状態とゴールとの近さを評価する。
 - ヒューリスティクス: 必ず正しいとは限らないが、探索をうまく制御するための知識(アルゴリズム)

ディープ・ブルー

- CPUが32個並列的に接続されたチェス専用コンピュータ。
- 人間のチェス世界チャンピオンであるカスパロフと対戦し、勝利。
- 1秒に数億の局面を評価する。
- 14手先までの先読みを行う。
- チェスは一手につき平均35の手があるので、 35^{14} の可能性を探索できる!

ヒューリスティクス

- 人間は最適なパス、評価関数を知っているわけではない。
- ヒューリスティクス: 問題解決に関わる認知的負荷を軽減し、多くの場合、問題解決を適切な方向に導く知識を指す(発見的知識)
- 必ず正解を生み出すわけではない。

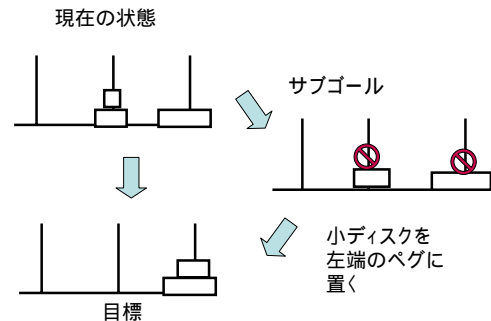
ヒューリスティックサーチ

- 島探索: 問題空間中で通過することが妥当と思われる状態を予め決めて探索する
- 両方向探索: 初期状態と目標状態の両方向から探索を行う
- 制限つき探索: 探索の幅や深さに事前に制限を設けて探索を行う

手段目標分析 (Means-Ends Analysis)

- 目標と現在の状態との差を計算する。
- 差を埋めるオペレータがあればそれを適用する。
- オペレータの適用が妨げられるときは、そのオペレータが適用可能になる状態をサブゴールとする。

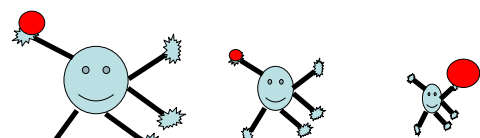
ハノイの塔における 手段目標分析



Newell, Simonの問題

- 不良定義問題(ill-defined problem)
 - すべての問題が固定した問題空間を持つわけではない。
 - 状態、オペレータ、適用制約が明確ではない問題が多々ある。
- オペレータが多すぎて、手段 - 目標分析だけでは、効果的に問題空間を縮小できない。
- 手段 - 目標分析を行うと学習が阻害される。

Monster problem



- 怪物と水晶球のサイズを一致させたい。ただし、
 - 一度に一つの水晶球しか移動できない、
 - 2つの水晶球を持っているときは大きいものだけが移動できる
 - 移動させたい水晶球よりも大きな水晶球を持っている怪物にはその水晶球を移動することはできない
- という規則があります。

同型問題の謎

- ハノイの塔とMonster問題は同型問題
- 状態数、オペレータが同じなので、問題空間の探索としては同一となる。
- しかし問題解決にかかる時間は、大幅に異なる。
 - ハノイの塔: 2 - 3分
 - Monster: 15分程度
- ペグ(棒) - **Monster**
- 円盤 - **水晶球**
- 小さい円盤の上に大きな円盤をのせてはならない
 - 移動させたい水晶球よりも大きな水晶球を持っている怪物にはその水晶球を移動することはできない
- 一番上の円盤だけが動かせる
 - 2つの水晶球を持っているときは大きいものだけが移動できる

不良定義問題

- 問題解決構成要素の一部が明確ではない問題。
 - 数学・物理: 初期状態、ゴールは明確だが、オペレータが明らかではない。
 - 日常問題: ゴール、初期状態、オペレータすべて不明確 (結婚、平和)
- 問題がすぐ解けるように問題のモデルを作る
問題表現の生成

確率の理解のしにくさ

- 英単語の中でrで始まる単語と3番目の文字がrの単語はどちらが多いか。
 - 1番目: 46.9%
 - 3番目: 53.1%
- 結核で死ぬ人とオートバイ事故で死ぬ人ではどちらが多いか。
 - 結核: 20.4%
 - オートバイ: 73.5%

確率の難しさ

- 2年目のジンクスという言葉がある。1年目で大活躍した人が2年目は1年目ほどには活躍しないというものである。野球のA選手はまさにそうであった。1年目は3割2分以上の打率で新人王に輝いたが、2年目の打率は2割8分にしかなかった。どうしてなのか、その理由を考えなさい。

回帰	体調	プレッシャー	油断	相手
22.4	6.1	28.6	12.2	30.6

Conjunction fallacy

- 敏子は明朗快活であり、弁舌もさわやかな女性である。彼女は大学時代、哲学を専攻していた。また社会問題にも大変関心があり、湾岸戦争の時には反戦デモにも加わっていた。
- 敏子が銀行員である確率はどの程度か。0から1の間の小数で答えなさい。
- 銀行員 0.29
- 敏子がフェミニストの銀行員である確率はどの程度か。0から1の間の小数で答えなさい。
- フェミニスト銀行員 0.31

ベイズの定理を用いた問題: 確率形式

- 40代の女性の乳癌の比率は1%である。乳癌を持つ人にある検査を行なうと、80%の確率で乳癌であるという結果が出る。一方、乳癌ではない人と同じ検査を行なうと、9.6%の確率で、乳癌であるという結果が出る。ある女性がこの検査の結果、乳癌であるとされたが、この人が実際に乳癌である確率はどれほどか。数式で答えてもよいし、また直感でもかまわない。

ベイズの定理

- 条件付き確率 $P(H | D) = P(D | H) / P(D)$
- $P(H | D) = P(D | H)P(H) / P(D)$
- $P(D | H) = 80\%$
- $P(H) = 1\%$
- $P(D) = P(D | H)P(H) + P(D | \text{not}H)P(\text{not}H)$
- $P(D | \text{not}H) = 9.6\%$
- $P(\text{not}H) = 99\%$
- $P(H | D) = 1 \times 80 / (1 \times 80 + 9.6 \times 99) = 0.078$
- 7.8% ! ! ! !

頻度形式問題

- ある部落に出かけた医者が奇妙な病気を発見しました。何回も見ているうちに、彼はこの病気の検査法を考えつきました。今まで1000人の人間を診察し、そのうちの10人がこの病気にかかっていた。この10人のうち、8人が検査でクロとでます。一方、この病気ではなかった残りの990人の患者のうち95人もこの検査ではクロとでます。さて、ある日ある人がこの検査を行ったところクロとでました。この人がこの奇妙な病気にかかっている確率はどの程度でしょうか。数式で答えてもよいし、また直感でもかまわない。

頻度形式問題の解

- 検査でクロ
 - 乳ガンでクロ = 8
 - 乳ガンでないのにクロ = 95
- 乳ガンの確率 = $8 / (8 + 95) = 0.078$
- この解を求める形式は
- $P(H|D) = D \ H / (D \ H + D \ \text{not}H)$

おまけ2a

- タクシーがよるひき逃げをした。その町では、緑タクシーと青タクシーの2つの会社がある。タクシーの85%は緑タクシーで、15%が青タクシーである。目撃者は青タクシーが事故を起こしたといったが、同様の状況で彼の視力の確かさを測定したところ80%の信頼率であった。さて、事故を起こしたのが本当に青タクシーである確率を求めよ。

おまけ2b

- タクシーがよるひき逃げをした。その町では、緑タクシーと青タクシーの2つの会社がある。今まで、タクシーによる交通事故は、85%は緑タクシーで、15%が青タクシーである。目撃者は青タクシーが事故を起こしたといったが、同様の状況で彼の視力の確かさを測定したところ80%の信頼率であった。さて、事故を起こしたのが本当に青タクシーである確率を求めよ。

意味敏感性、問題表現

- 同じ解法を用いる問題であっても、問題の記述の仕方により、構成される意味 = 問題表現は異なる。
- 問題表現が異なることにより、用いるオペレータも異なり、結果としてパフォーマンスが劇的に変化する場合がある。