JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

| | |
|---|---|
| Title | 知識科学とアブダクション |
| Author(s) | 國藤，進 |
| Citation | 第七回知識創造支援システムシンポジウム予稿集 |
| Issue Date | 2010-02-25 |
| Type | Presentation |
| Text version | author |
| URL | http://hdl.handle.net/10119/9006 |
| Rights | 本著作物の著作権は著者に帰属します。 |
| Description | 第七回知識創造支援システムシンポジウム，主催：日本創造学会，北陸先端科学技術大学院大学，開催：平成22年2月25日～26日，予稿集発行：平成22年2月25日 |

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

# 知識科学とアブダクション

國藤 進



「工学」を事例として，知識を考えよう

## データ，情報，知識とは



## 知識とは （國藤1983）

- データ、情報、知識、メタ知識（國藤）
- データ:いろいろな処理を前提に、アナログあるいはデジタルに表現、符号化し、あるエージェント（個人、グループ、あるいは組織など）の入出力となるもの
- 情報:データから特定のエージェントにとって、意味のあるひとまとまりを切断・単位化したもの
- 知識：それぞれの情報を各エージェントのもつ価値体系に従って価値付けし、情報間の関係性およびその有効範囲を明確に示したもの
- メタ知識：知識の表現、獲得、利用の仕方に関する知識



## 知識の表現法

- 知識の表現（マシン上に実装可能な知識とは(前提)）
  - 情報はファクト（事実）で表現する
    ー太郎の父は二郎である
  - 知識はルール（規則）で表現する
    ー太郎の祖父は三郎である
  - メタ知識は制約などで表現する.メタ知識は暗黙知の部分集合である.人工知能分野でのヒューリスティックス(発見的知識).
    ー太郎の父が女性ということはない
  - プロセスとしての知識は上記３種の知識を解釈するインタープリタ上で発生する
  - 知識の多様性（曖昧な知識，確信度、主観確率等）
- 主観的Xが客観的Xになるには？（正当化の理論）



## 知識創造の事例

- 友人Ｎは老人ホームでの歌声披露でいつも大歓迎である。何故か？
- グループホームで一日８０回も歯磨きをする入居女性がいた。彼女を救った知とは何か。
- ゴキブリ専用殺虫剤の新製品を作るように命令が来た。現場観測の結果、分かったことは何か。
- 南米の山中で貝の化石を発見した。この山は大昔、海岸線の近くにあったという仮説を立てるのは根拠がある。
- アルキメデスは王様に「この王冠に金以外のまがい物があるかどうか」聞かれ、お風呂から水があふれるのを見て、お風呂から飛び出し、ユーレカと叫んだ。何故か。
- マラリアの特効薬キニーネは死にかけてる兵士が浅い池の水を飲んだ際に、偶然発見された。（Ｓ．Ｆ．ジョーンズ：「偶然を活かす発想法」、晶文社）



## 知識創造にはいろんなレベルあり

1. 聞けば分かる暗黙知（相関関係）の発見
2. 問題解決のためのプロセス的知識の発見、解決策に展開
3. 観測事実の積み上げが偶然の事実を発見
4. アブダクションの事例
5. ルール（アルキメデスの原理）の発見
6. 偶然を活かした発想法（「治った」で喜ぶのでなく、「何故か」と問うた！）

## 発見科学と発明科学

**驚き**

ある驚くべき「観測事実」や「実験事実」から出発するのが発見科学
ある驚くべき人工物（ＳＷ含む）の「仕様」を実現するにはどのように既存のパーツを組み立てていくかが発明科学

前者は科学的（解析的）アプローチのベースにあり、発見科学に連なる。
後者は工学的（設計的）アプローチのベースにあり、発明科学に連なる。

**検証**

ある驚くべき事実を説明するファクトやルールを発見することが発見。
ある驚く仕様を実現する人工物を創発することが発明。仕様の検証プロセス知から、制約を満足する組み合わせを創発



## 検証に求められる特質

- 科学と擬似科学の区別(K.R.ポッパー:推測と反駁,法政大学出版会)
  - ある理論に科学的身分を与えるかの判定基準は、その反証可能性、反駁可能性、ないしはテスト可能性である
  - 仮説の集合体（知識体系）は無矛盾である
  - 最も多くの事実を説明できるシンプルな美しい仮説が優れた仮説である
- 因果法則と論理的含意は異なる
- 複雑系では外部環境・内部環境の変化に伴い再現可能性は必ずしもいえない



## 問題解決・推論の図式

- アブダクション・演繹・帰納で創造的問題解決プロセスのワンサイクル成立
- アブダクションの本質は仮説（知識、概念）の創造
- 演繹の本質は論理的に正しい（説明可能な）推論
- 帰納の本質は仮説の検証,統計的モデルも必要
- 検証の方法は学問分野ごとに異なる
- 「アブダクション・演繹・帰納」は知識スパイラルを構成し,常にスパイラルアップしなければいけない



## 推論形式

- 演繹
  - AならばB。Aである。故にBである（肯定式）
  - AならばB。Bでない。故にAでない（否定式）
  - AならばB。BならばC。故に、AならばC（三段論法）
  - Ａを否定し矛盾を示す。故にＡ（背理法）
  - 前提が正しければ、結論（帰結）も正しい
  - 論理体系は健全・完全でないといけない
  - 常に正しいことを導くが、新しい命題を得た訳ではない
    - 前提に含まれていた、気づいてなかったことを明らかにする
    - 前提が矛盾していれば、どのような命題も正しいと証明できる（政治家の詭弁論理）



## 推論形式

- 帰納
  - 個々のiについてAiはこれまでずっとPiだった.故にすべてのiについて,AiはPiだ（帰納的一般化）
  - 新しい「ルール（仮説）」を導く。
  - 論理的に正しいという保証はない。
  - 仮説をたてるには、ルールを選択するための、可能な知識表現のクラスを同定しないといけない。
  - モデル推論アルゴリズムあり。
  - 仮説検定論との融合が本質的に重要である.



## モデル推論アルゴリズム

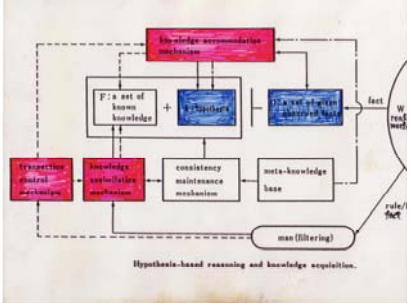
Repeat 次の事実を読む
  Repeat
    While 推測Tが強すぎる do.
      矛盾探査アルゴリムを適用し,Tから反証を与える仮説を取り除く.
    While 推測Tが弱すぎる do.
      先に反証を与えた仮説を,更に精密化したものを,Tに加える.
    Until 推測Tが強すぎることも弱すぎることもない.
    （読み込まれた事実に関する限り）
  Forever 推測Tを答えとして出力する

# 推論形式

- アブダクション
  - Aである。Hと仮定するとAをうまく説明（論証可能）できる。したがってHを仮説として設定することは根拠がある。
  - 新しい「説明的法則（仮説）」を導く。
    - 「なぜ？」に対する答えの候補は複数有り。新たな観測事実A′（問診)を用いて,どの候補か絞り込む。
  - 論理的に正しいという保証はない。
  - 既知の知識集合とHとの和集合は無矛盾である。
  - HはAの観察のみからは直接出てこない。可能な仮説集合から選択される。
  - アナロジーはアブダクションの変形である。



# アブダクションと仮説推論




# アナロジーと仮説推論

未知の知識体系である驚きべき事実Aが発見される.

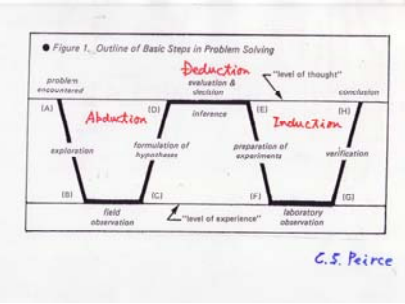
Aは既知の知識体系の事実A′と類似している.

A′を説明するのに既知の知識体系ではB′が使われる.

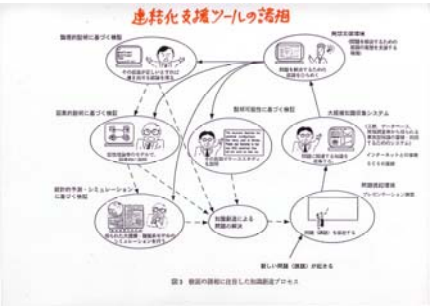
故に未知の知識体系でもB′と類似の事実Bが成立するに違いない.

実際Bが成立すると仮定するとAが説明できる.

# パース哲学とＫＪ法




# 拡張説明可能性概念



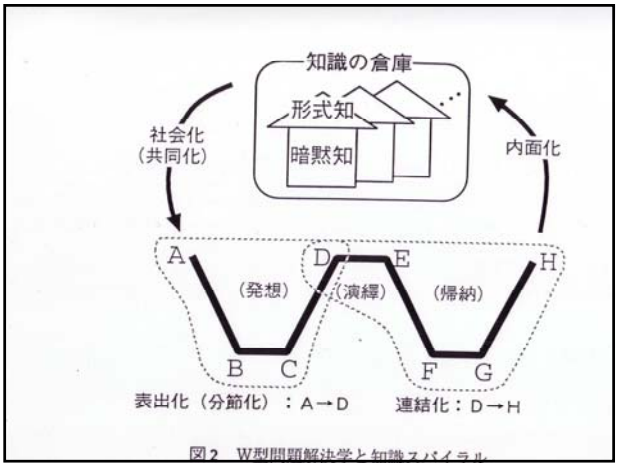




図2 W型問題解決学と知識スパイラル

# 科学における仮説

- 仮説形成
  - 実験や観察により得られた（経験的・記述的） 法則を科学理論にするため，それらの経験法則を統一化しなくてはならない
  - 同じ観測事実に対して，説明できる仮説は複数可能。どの仮説がサバイバルするかは、観測事実の蓄積に依存する。
  - 個別の観測事実から，普遍的な説明原理としての仮説を形成するには、洞察が必要
  - 仮説は，経験から直接引き出されるというよりも，人間の側である程度任意に仮説空間として設定するもの
  - Tacit knowing （暗黙的に知ること） （Polanyi, 1966）ための方法を人類は共有しているが故に、仮説空間が設定できる。
  - 経験豊かな人はTacit knowledge （暗黙知＝明示的に言えないが知っていること）を持っている。



# 科学的方法

- 知識の表現方式を決定し,それに基づき新しい知識を獲得し，整理・体系化・蓄積し，利活用するのに効果的な方法論である。
  - 推論形式（演繹，帰納，アブダクション）
  - 科学的方法の柱となるもの
    → 理性的・論理的思考と実験による確証
  - 仮説の検証に有効な手段
    - 実験
  - 論理的思考に有効な手段
    - 論理学
    - 数理的手法（数理モデルと数式による演繹）
  - どちらにも必要なもの
    - モデル



# 因果性について考える

- 思考形式としての因果律は、ものごとを原因と結果の系列として見るということである。（J．アレン：「原因」と「結果」の法則）
- 因果性にもいろいろあり（M．ブンゲ：「因果性」、岩波書店）
  - 決定論と非決定論
  - 確率的因果関係はありえるのか。
  - 因果関係と相関関係は異なる。
  - ベイズの定理は因果の逆転を認めている。
  - 量子力学の世界での因果性は？

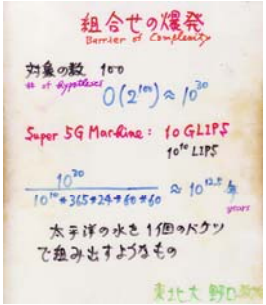


# 論理だけで攻めきれるか

- 計算量の壁、有り。マシンでは超えられない計算量の壁を、専門家はいかにして経験知で超えているのか？マシン上でのヒューリステックスと人間のヒューリステックスは異なる。
- 量子コンピュータは計算量の壁を越えられる。
- ペンローズの量子脳理論「意識は、マイクロチューブルにおける波動関数の収縮として起こる」に留意！
- 無矛盾な知識体系の整合性維持問題も計算量の壁にぶつかる。蓄積された重層化された矛盾知識のなかから、観測事実を説明するのに必要なファクトのみをかき集めて、観測事実を説明するモデルを構築しているのでは？（ピアジェ心理学のシェーマ！）
- 論理で攻めきれないとき人間はアナロジーに頼る。未知の知識体系の驚くべき事実に類比する事実を発見するため、比喩や隠喩を多用し、使える既知の知識体系を構造写像的的に探索している。（市川亀久弥の等価変換理論のcεの一致が必要)



# 計算量の壁




# 科学的知識の発展プロセス

- 科学研究は，あるメタルールに則って行われる.
  - 知識表現の世界を定め、その知識表現体系で知識獲得を行う。ついで知識の利活用を図るため、問題向けの推論エンジンを駆動する。
  - 主観的知識を客観的知識に昇華するには、他者の納得する手続きプロセスが必要である。
  - 既知の知識が何かを知らずして、未知の知識を発見できない。そのために世界中の文献・知識のサーベイが必要。
    - 残念ながら大学院教育で、サーベイの方法は教えてくれない。企業ではサーベイし、新しいモノに特許を出願するのは当たり前である。何故なら、その特許は企業の競争力の源泉たりえる。
    - 基盤育成,調査,問題接近

## 拡張的推論が可能であるために

- 新しい知識を生み出す推論が拡張的推論
  - なぜ，帰納やアブダクションが可能なのか？
  - 論理的には誤りうる。誤ってもいいから「説明したい」のが人間の知的欲求！
- 新しい知識をルールに組み込むには、リフレクション機能が必須である。リフレクション原理（オブジェクト世界からメタ世界への翻訳）が出発点！
- 何故、人類のみこの能力を獲得したのか？

ー天才チンパンジー「アイ」はアブダクションの能力を持たない。

ーピアジェ曰く「思考の可逆性こそ、人間の知性の最も重要な特質である」



## レポート課題

自ら経験した知識創造の事例を挙げ、今日の講義内容からすると、どのようなレベルの知識創造なのか、自分の考えを述べなさい。Ａ４用紙１枚程度のレポートにまとめ、７月６日(月)午後５時までにkuni@jaist.ac.jpに提出してください。

## 参考文献


- 中谷宇吉郎，科学の方法, 岩波新書, 1958.
- 波多野完治編，ピアジェの発達心理学, 国土社, 1965.
- G. ポリア，数学における発見はいかになされるか, 丸善，1969.
- Ｊ．ピアジェ、判断と推理の発達心理学, 国土社, 1969.
- Ｍ．ブンゲ、因果性, 岩波書店, 1972.
- 朝永振一郎，物理学とは何だろうか, 岩波新書, 1979
- M. Polanyi，暗黙知の次元ー言語から非言語へ, 紀伊國屋書店, 1980.
- K. R. ポッパー, 推測と反証, 法政大学出版会, 1980
- 米盛裕二，パースの記号学, 勁草書房, 1981.
- 松沢哲郎，チンパンジーからみた世界, 東京大学出版会, 1991.
- 野中郁次郎，竹内弘高，知識創造企業, 東洋経済新報社, 1996.
- R. ペンローズ, ペンローズの量子脳理論, 徳間書店, 1997.
- S. F. ジョーンズ, 偶然を活かす発想法, 晶文社, 1998