

# 【 複雑系入門 】 内部観測

「神のごとく全体を把握する観測は事実上不可能であり、  
観測とは相互作用に他ならない」という話

金城佑典@山田研究室

# おおまかな流れ

- いわゆる「観測」
- 内部観測とはどんなもの？
- 観測志向型理論（難しいよ）
- 内部観測による時間発展モデルとは
- 創発とは「矛盾を擬似的に解決」することだ
- 創発とは「選択肢以外からの選択による変化」だ

# (外部) 観測

- 「今現在」を知ることはできない

たとえば星の観測、光の速度の関係上私たち星の何万年も前の姿しかみれない、同様に、顕微鏡などで物質を見るときも「数瞬前」の状態は見れても「今現在」の状態は観測できない

- 状態志向型理論(現在の物理学)

対象物は状態をもち、その状態について観測する(つまり観測者は状態を指定できる)

= 対象内部のすべての様子を全く同時に観測できる

<= **実際は無理**

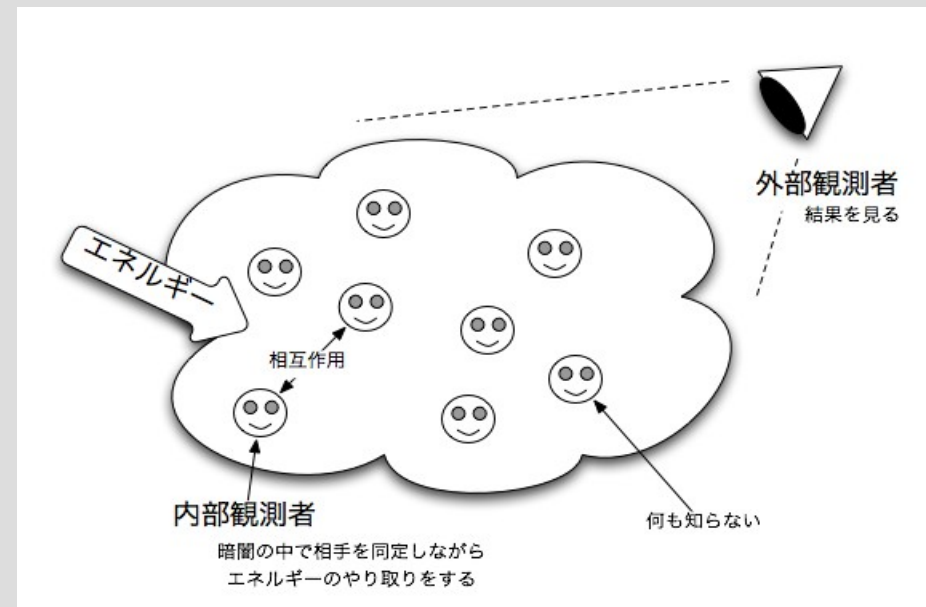
# 物質の相互作用と伝播速度

- **ex)** エネルギー保存則の実現過程
- 実験する人
  - 「エネルギーを与えた時」と「均衡した時」を観測
- 粒子の立場
  - エネルギーの総量も全体の状態もわからず、あくまで近くの粒子に働きかけるだけ
    - ではどのようにして全体でエネルギー保存則を満たせるのか？

# 内部観測

「外部観測」とは、、、  
いわゆる「観測」、外部からすべてを一瞬で見る

- 観測者と対象は別物
- 観測者は外にいたので  
観測者自身は変化しない

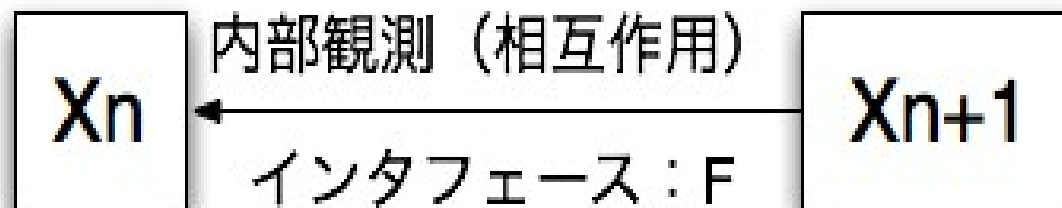


「内部観測」とは、、、  
対象が相互作用を通じて相手を検知する行為のこと

- 相互作用するには「同定」と「識別」が必須
- 観測者と対象は分離できない
- 内部観測 = 相互作用なので対象自身も変化する

# 観測志向型理論 1

対象と観測者を分離（カルテジアンカット）して観測すると「対象  $X_n$  を同定しようとする」と観測者  $X_{n+1}$  が必要になり、2者を繋ぐ関係性（インターフェース  $:F$ ）を選ばないといけない」だがしかし、「 $X_{n+1}$  を同定するには  $X_{n+2}$  が必要で、...」となり無限に続いてしまう。



インターフェースの定義式  $F(X_n) = X_{n+1}$  とする

# 観測志向型理論 2

ここで「極限の入れ替え可能性」より

$$\lim F(X_i) = F(\lim X_i)$$

またインターフェースの定義式より

$$\lim F(X_i) = \lim X_{i+1}$$

より定義式は

$$F(X_\infty) = X_\infty \quad (X_\infty \text{ のことを不動点という})$$

となる

あれ? 「観測者と対象が同じになってしまった」よ?

# 観測志向型理論 3

そこで発想の転換 「定義式を方程式としてみる」

「任意の  $X$  についてこの定義式が成立しないといけな  
いののに、、、」という問題から「この方程式を満た  
す  $X_\infty$  を求めよう」という問題になる。

すると  $X_\infty$  は「観測者でも対象でもあるなにか」にな  
るので不動点  $X_\infty$  は矛盾ではなくなる。  
(しかも「観測者でも観測対象でもある」というのは内部観  
測の定義とあっている)

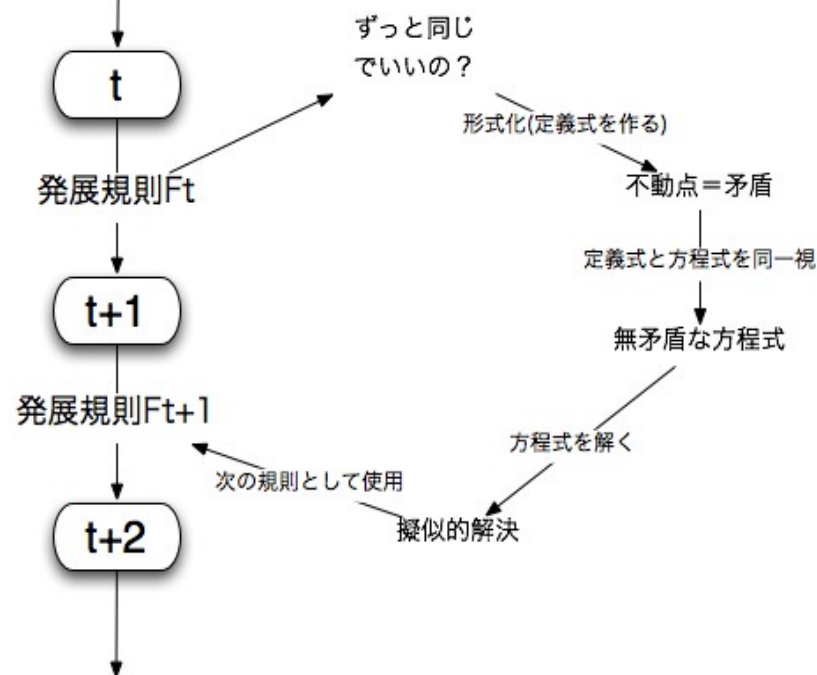


# 観測志向型理論 4

さて、ここで問題になるのが「定義式を自分勝手に方程式と見ていいのか?」ということだ、実は**根拠はない**、つまり「対象と観測者の間の問題」が「定義式と方程式の間の問題」にすり替わってしまった、つまり**問題がより高次に先送りされた(擬似的解決)**だけでインターフェースが無根拠であることを確認されることになる。

# 例：内部観測による時間発展モデル

離散時間



時刻  $t$  での状態は関数  $F_t$  によって時刻  $t+1$  の状態に発展する  
→ すると  $F_t$  を無限に使い続けることによる矛盾が「不動点」として出てくる  
→ 「擬似的解決」で得られた規則が次の時刻への発展の規則  $F_{t+1}$  となる

- 時間発展はそのつど解決するが決して真の解にはたどり着かずに進んでゆく = 疑似問題の発生と疑似解決のプロセス
- 「不動方程式の解 = 解決と見なされる事態」 = 「**内部観測**」

# 創発 = 矛盾を擬似的解決すること

発生した矛盾を擬似的解決により高次に先送りすることでその次元では矛盾が隠されてしまう、そのことを「**創発**」という。

「以前の論理と以後の論理とを接続する関係性こそが創発で、以前の論理で現れる果てとしての矛盾が矛盾でないと宣言される（擬似的解決）限りでのみ、以後の論理が現れる。」 by 郡司

# 創発 = 選択肢以外からの選択

## • 暗闇の中の跳躍 by クリプキ

- Aさん「ねえ」 Bさん「何？」

- Aさんが「要件を聞かれた」と取る

AさんはBさんが予想してたとおり「ランチ行かない？」  
という

- Aさんが「邪魔しないで」と取る

AさんはBさんが用意していた返答の選択肢の外から「あ、べつにいいや、、、」と言う

選択領域の外部を選択したときに起こる変化=**創発**

# 時間がある人は、、、

「光の速度」に関して

[ アインシュタインの相対性理論TACラボ ]

<http://homepage1.nifty.com/tac-lab/>

「観測過程志向型理論」について

[ 郡司ペギオ幸夫研究室 ]

<http://www.research.kobe-u.ac.jp/fsci-nonlinear/gunji/>

「暗闇の中の跳躍」について

[ 人間カマーケット ]

<http://homepage3.nifty.com/boxinglee/market/kurayami.htm>