問題を解くのと答えを確かめるのってどっちが難しいの？

けいさんりょうりろん

PROVE PvsNP, GET 1M DOLLAR

研究室紹介

長尾研

長尾研概略

- 教員:　長尾 篤樹　居室:401室
  - 専門:　理論計算機科学
    (計算量理論, アルゴリズム論,組合せゲーム・パズル等)
  - 授業:　2年前期~~『システムプログラミング実習』~~
    3・4年前期『言語理論とオートマトン』○
    3・4年後期『計算基礎論』◎
- 研究室:408室
  - 次年度の学生:　D1:1名,
    M2:1名,　M1:0名
    B4:上限4名

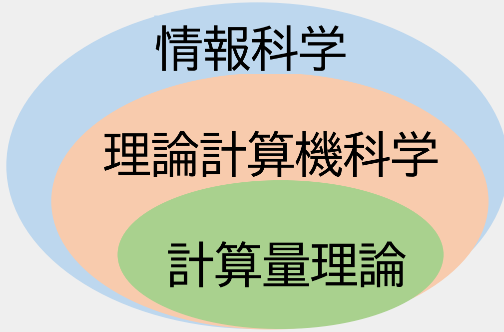
長尾研スケジュール予定

- ゼミ・ミーティング
  - コアタイムは週3+1コマほど.
  - それ以外も研究室に入り浸ってくれると嬉しい
  - 卒研用に個別ミーティング　証明を作ろう！
  - 輪講・進捗報告会　人前で話す訓練！
- 学会等
  - 7月頭：80人規模のシンポジウム
    - 2026年度は長尾が幹事をします
  - 随時：成果が出れば各地で学会発表
    - 良い結果だと海外へ！

専門分野の説明

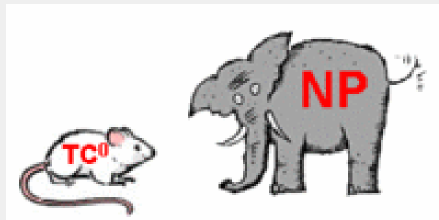
理論計算機科学

- 計算機科学分野のうち, 理論を扱う分野
  - 組合せ理論・グラフ理論・情報理論等を扱う
    - 確率論・(線形)代数等も時々扱う



計算量理論

- 問題(関数や言語, 集合)の難しさを
  その問題を解く計算モデルの要求する
  リソースの規模によってクラス分けする学問



究極のテーマをザックリと

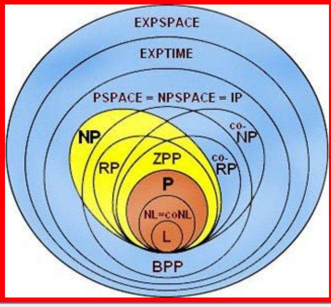
- 「難しい」ってなに？
  - ≒パズルやゲームの「楽しい」ってなに？
  - それってNP完全じゃない？

扱うテーマはいろいろ

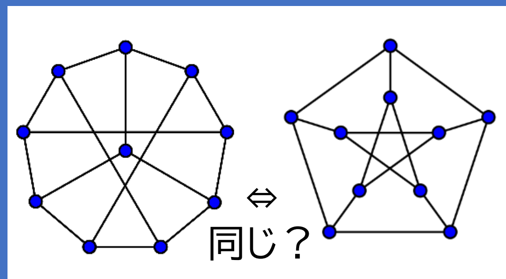
最近の卒論では
・計算量理論
・グラフ理論
・組合せゲーム理論
が取り組まれている.

- キーワード：NP完全, アルゴリズム
  - グラフ・論理パズル・組合せゲーム等も…

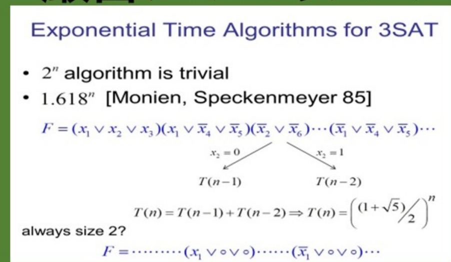
計算量理論



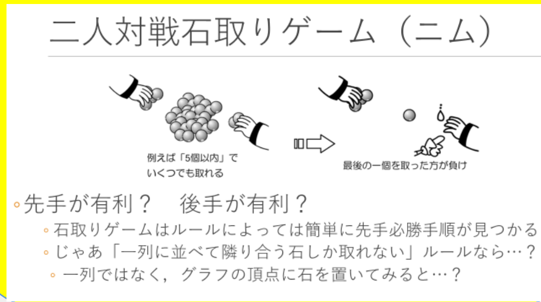
グラフ理論



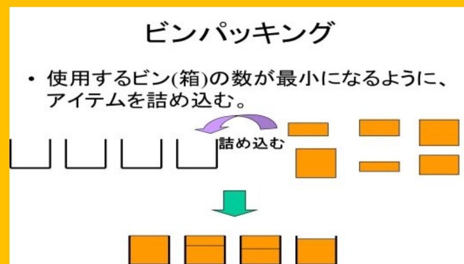
厳密アルゴリズム



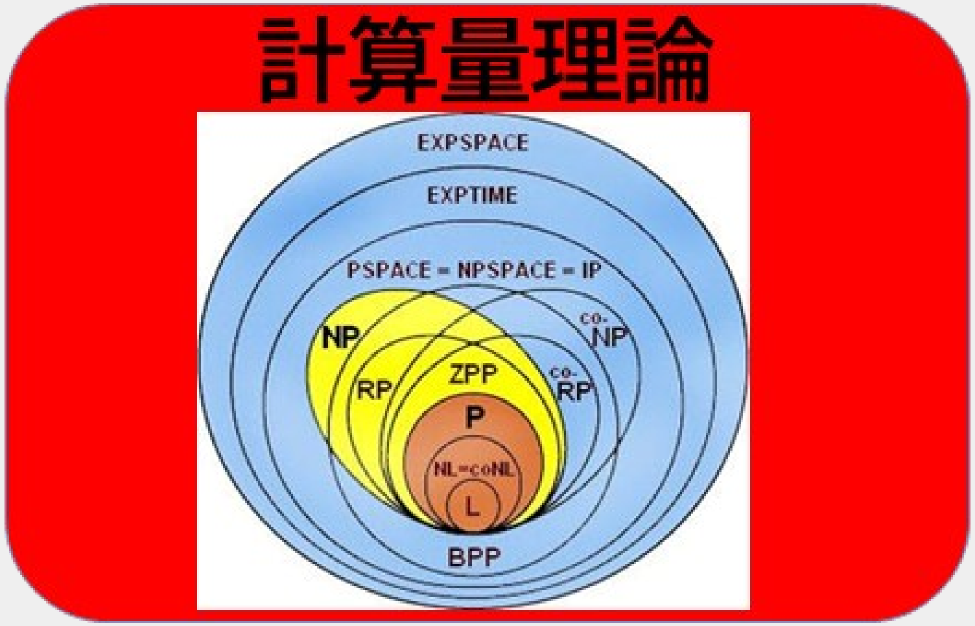
組合せゲーム理論



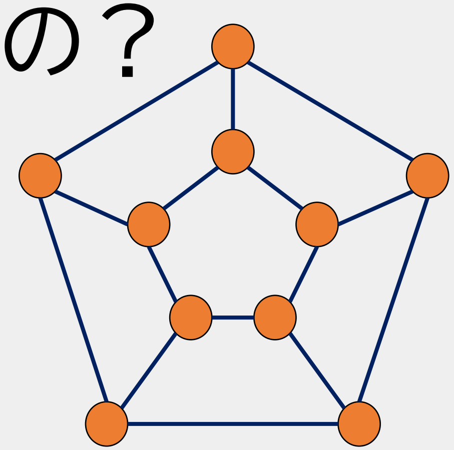
近似アルゴリズム



計算量理論

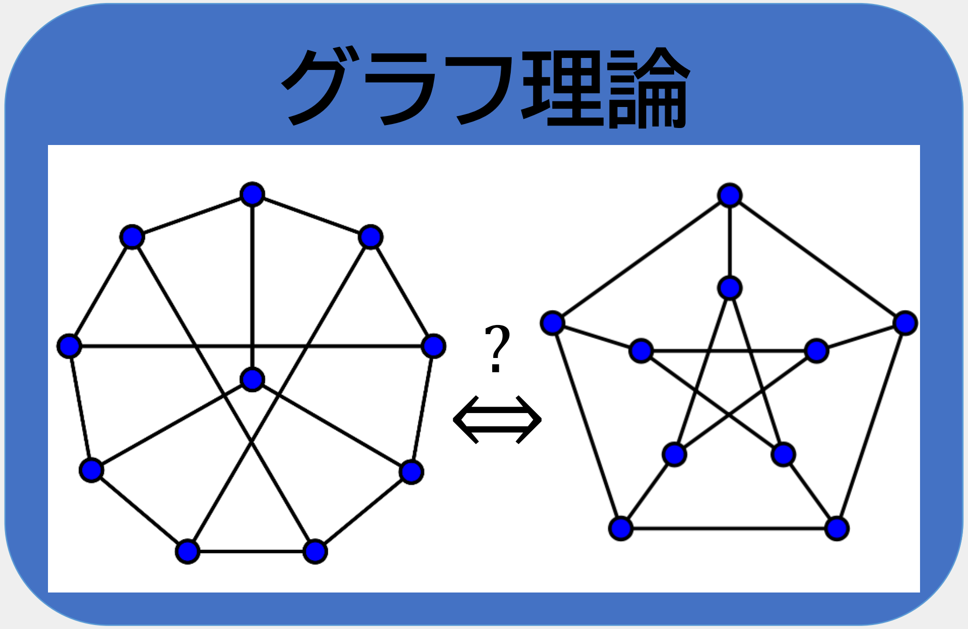


- 問題の『難しさ』を追求するテーマ
- P≠NP問題を筆頭とした様々な課題が
  - 非決定性計算って強いの？
  - 乱数を使うと扱える問題は増えるの？
  - 量子アルゴリズムって本当に強いの？
  - 難しいパズルってどんなの？
  - 難しいゲームって？



グラフ理論

- NP完全な問題も豊富なジャンル



- グラフの特徴を様々な視点で探ろう！
  - ハミルトン閉路問題は一般にはNP完全
    - グラフを二部グラフに制限してもNP完全
    - 全頂点の次数が3でもNP完全
    - 最大次数3の平面グラフでもNP完全
  - でも、4-連結だと線形時間で解ける！

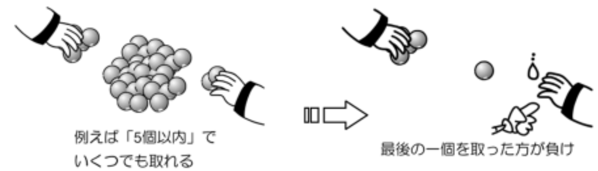
不思議！

組合せゲーム理論

- ゲームやパズルを計算量の観点で
- 『難しい』パズルとそうでないパズル？
  - 計算量理論の言葉で説明可能
- 勝つのが『難しい』ゲームとは…？
  - 同様に説明可能
- グラフ上の問題やSATから帰着して証明

組合せゲーム理論

二人対戦石取りゲーム（ニム）

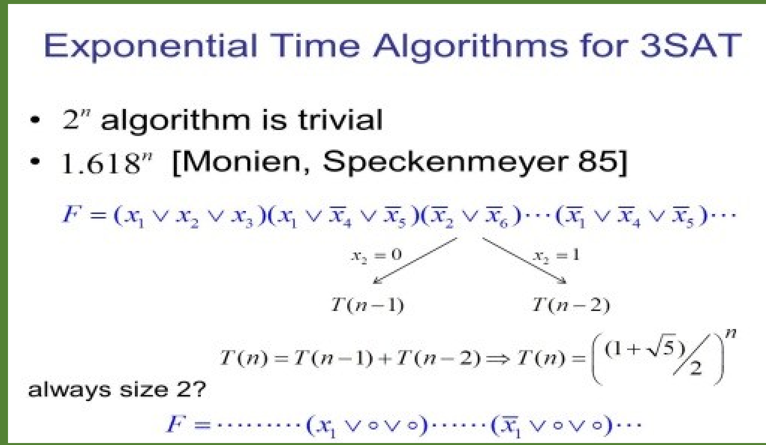


- 先手が有利？　後手が有利？
  - 石取りゲームはルールによっては簡単に先手必勝手順が見つかる
  - じゃあ「一列に並べて隣り合う石しか取れない」ルールなら…？
  - 一列ではなく，グラフの頂点に石を置いてみると…？

厳密アルゴリズム

- NP完全な問題を
  できるだけ早く解く
- 多項式時間アルゴリズムが
  存在しなさそう…だけど…！
  - SATは総当たりで
    $O(2^n)$の計算時間
    - 2をできるだけ
      小さく！

厳密アルゴリズム



Exponential Time Algorithms for 3SAT

- 2^n algorithm is trivial
- 1.618^n [Monien, Speckenmeyer 85]

$$F = (x_1 \vee x_2 \vee x_3)(x_1 \vee \overline{x}_4 \vee \overline{x}_5)(\overline{x}_2 \vee \overline{x}_6)\cdots(\overline{x}_1 \vee \overline{x}_4 \vee \overline{x}_5)\cdots$$

$x_2 = 0$ → $T(n-1)$; $x_2 = 1$ → $T(n-2)$

$$T(n) = T(n-1) + T(n-2) \Rightarrow T(n) = \left({(1+\sqrt{5})}/{2} \right)^n$$

always size 2?

$$F = \cdots\cdots\cdots(x_1 \vee \circ \vee \circ)\cdots\cdots(\overline{x}_1 \vee \circ \vee \circ)\cdots$$

Table 1. Worst case upper bounds for 3-SAT

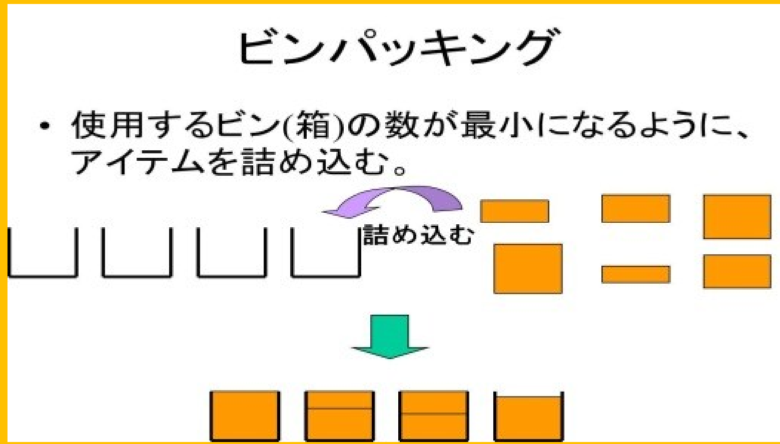
c	type	ref.	c	type	ref.
1.839	det.	[MS79]	1.362	rand.	[PPSZ98]
1.769	det.	[Dan83]	1.334	rand.	[Sch99]
1.618	det.	[MS85]	1.3302	rand.	[HSSW02]
1.579	det.	[Sch92]	1.32971	rand.	[Rol03a]
1.505	det.	[Kul99]	1.3290	rand.	[BS03]
1.497	det.	[Sch96]	1.32793	rand.	[Rol03b]
1.481	det.	[DGH+02]	1.3238	rand.	[IT04]
1.476	det.	[Rod96]	1.32267	rand.	[IT04]+[PPSZ05]
1.473	det.	[BK04]	1.32216	rand.	[Rol06]
1.465	det.	[Sch08]	1.32113	rand.	This paper

Iwama, Kazuo, Kazuhisa Seto, Tadashi Takai, and Suguru Tamaki. "Improved randomized algorithms for 3-SAT." ,*ISAAC 2010*

近似アルゴリズム

- NP完全な問題を
『雑に』早く解く

近似アルゴリズム



- 最適解でなくても良いので近似解を
  - 単なる解ではなく, 精度の保証を
  - 多項式時間アルゴリズムと
そこそこの精度を両取り
  - 実用上も便利！

どんな学生がマッチするか

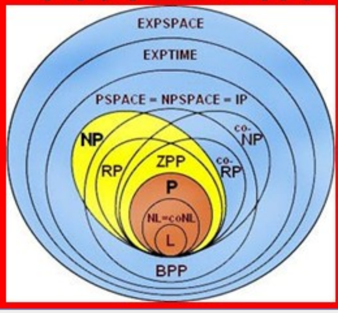
- 読む見る考える遊ぶが好きな人
  - 基本的に論文・教科書相手の生活
    - 人間と共同作業でモノづくりは一番遠い…
  - 学会の懇親会でボードゲームをすることも
    - 研究室にもたくさんあります

- 研究室に居座りたい人
  - 雑談から解決の糸口が見つかる事も
  - 一人で黙々と研究するのも◎
  - 腰を据えて博士後期課程進学も

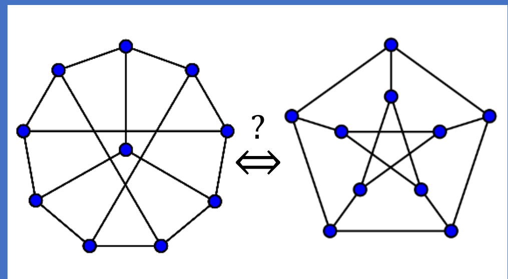
長尾研にてお待ちしてます.

- アルゴリズム・計算量を研究しませう
  - 自身の興味をアルゴリズムに絡めるのも歓迎！

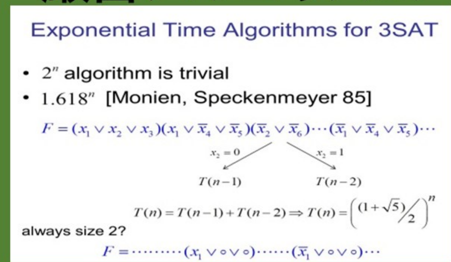
計算量理論



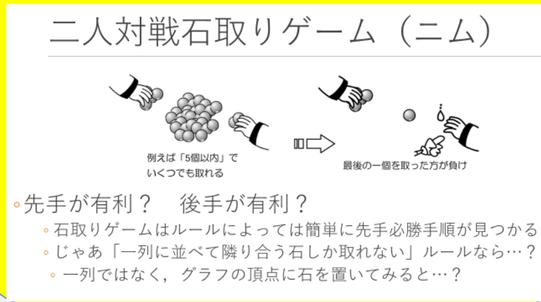
グラフ理論



厳密アルゴリズム



組合せゲーム理論



近似アルゴリズム