

プロコン塾第6回

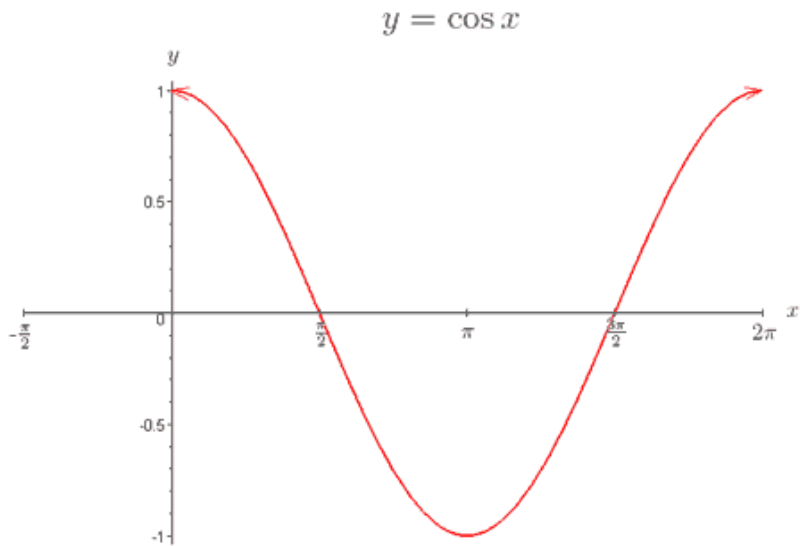
-タブーサーチとグラフ理論-

阿南工業高等専門学校制御情報工学科

里谷 佳紀

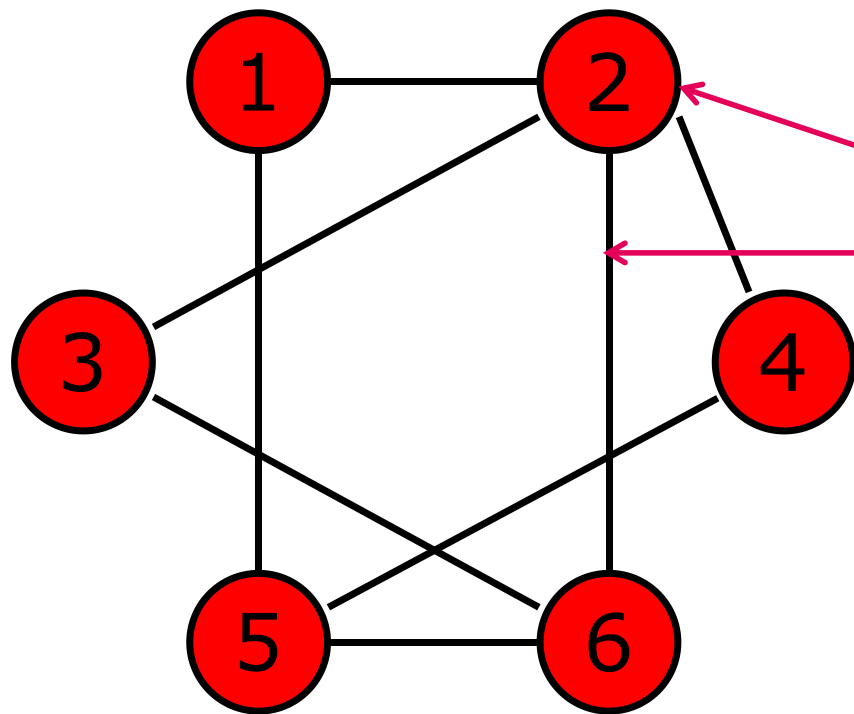
グラフ理論

グラフ?



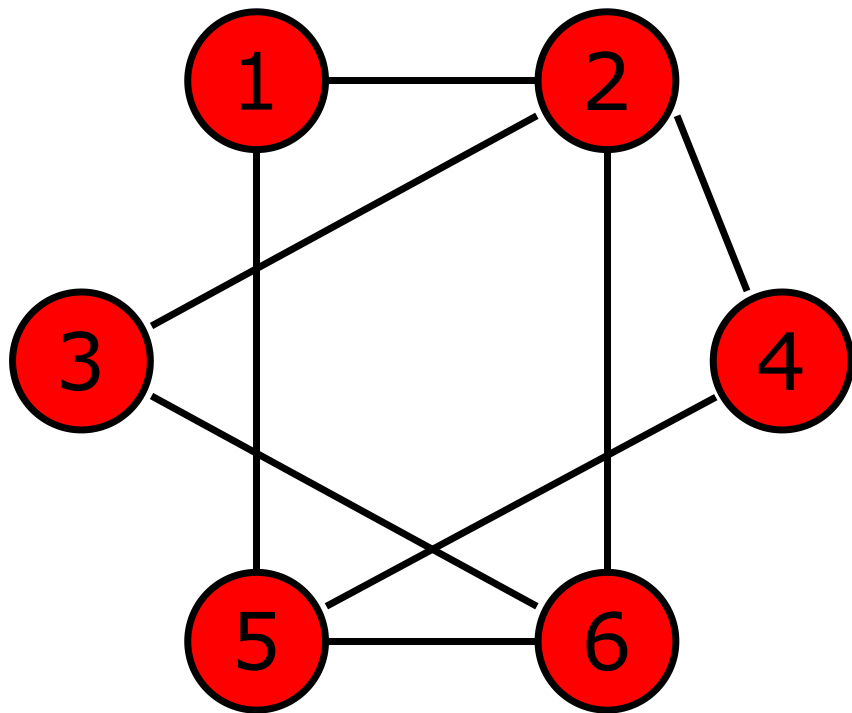
- $y = \cos x$ のグラフをかけ
- グラフ用紙

定義

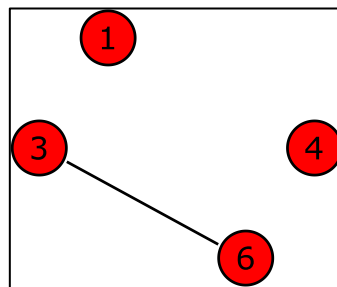


いくつかの
頂点(丸)が
辺(線)で接続されたもの

用語



- 次数
 - つながった頂点の数
 - $k_2 = 4, k_6 = 3$
- 連結要素
 - グラフを「島」に分ける



3個の連結要素

実装2パターン

隣接行列

	1	2	3	4	5
1	0	1	0	0	0
2	1	0	1	0	1
3	0	1	0	1	1
4	0	0	1	0	0
5	0	1	1	0	0

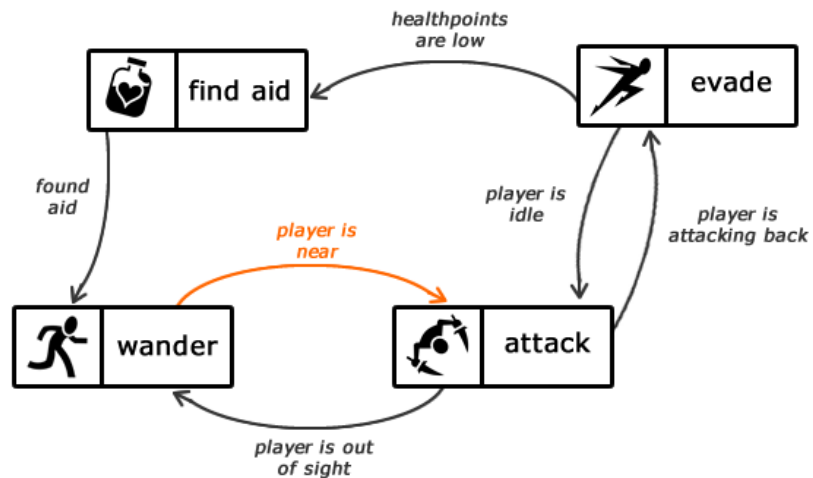
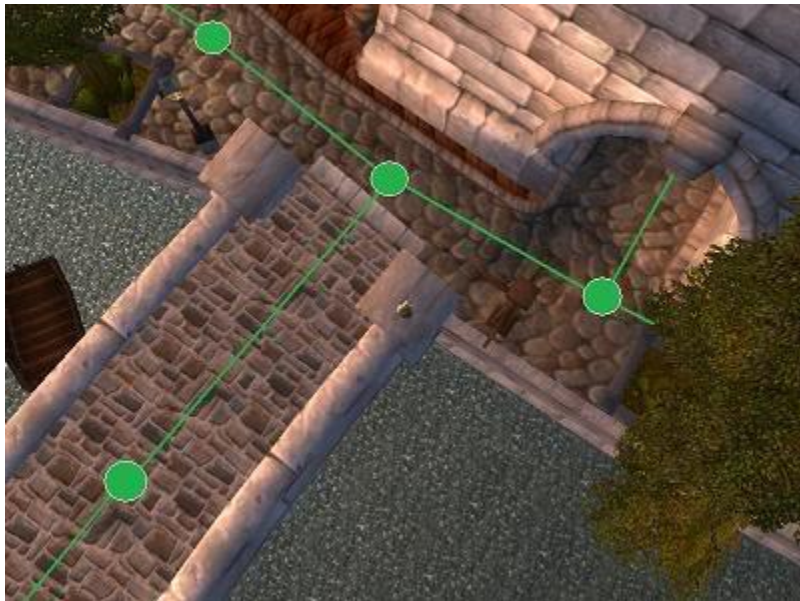
- 実装が楽

隣接リスト

1	2				
2	1	3	5		
3	2	4	5		
4	3				
5	2	3			

- メモリに優しい(グラフが疎なら)
- 実装が複雑

応用例 (ゲーム)

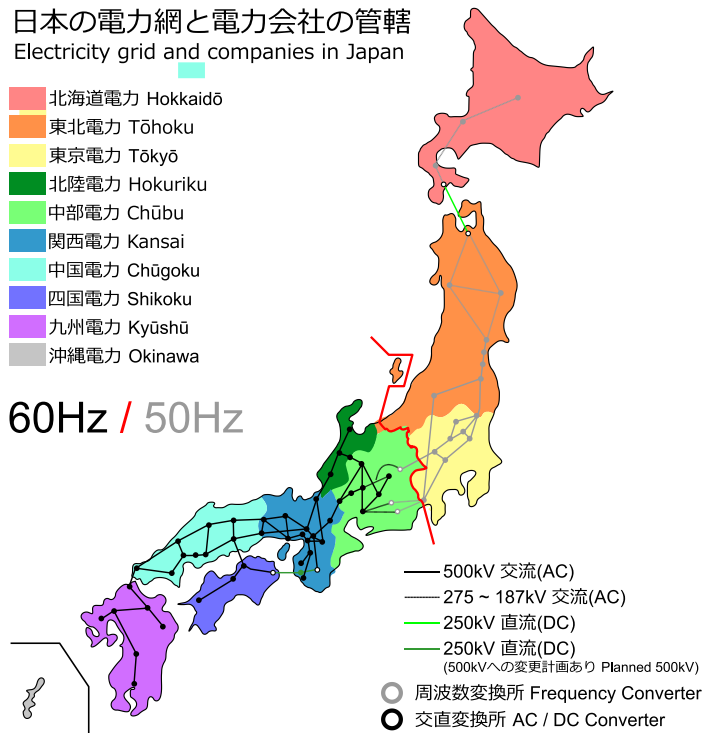


ネットワーク強度最適化問題

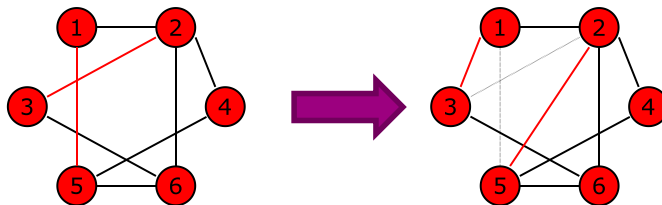
日本の電力網と電力会社の管轄
Electricity grid and companies in Japan

北海道電力 Hokkaidō
東北電力 Tōhoku
東京電力 Tōkyō
北陸電力 Hokuriku
中部電力 Chūbu
関西電力 Kansai
中国電力 Chūgoku
四国電力 Shikoku
九州電力 Kyūshū
沖縄電力 Okinawa

60Hz / 50Hz

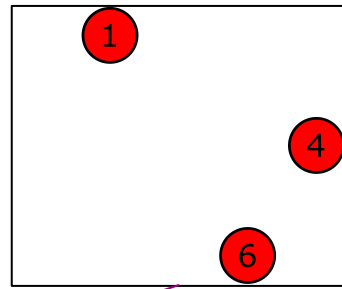
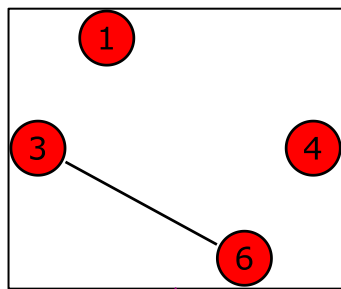
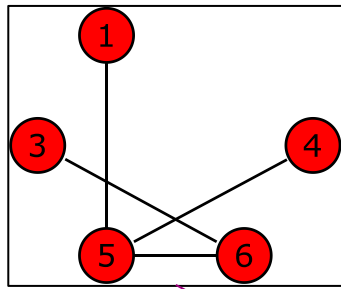
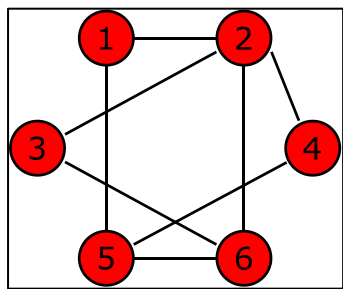


- ネットワークを攻撃に対して強くしたい
 - 重要なものから破壊するような攻撃
- 二つの辺をつなぎ変えることを繰り返す



ネットワーク強度最適化問題

ネットワーク強度 R を最大化



...

$$R = \frac{1}{N} \sum_{q=1}^{N-1} S(q) = \frac{1}{6} \frac{5 + 2 + 1 + 1 + 1}{6} = 0.278$$

タブーサーチ

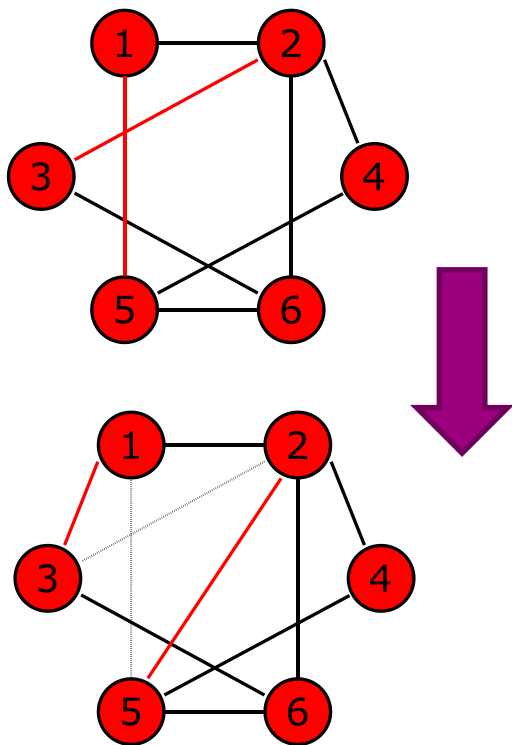
タブーサーチ!

- メタヒューリスティック法の一つ
 - 遺伝的アルゴリズムや焼きなまし法などの親戚
- 1986年にFred W. Gloverが考案
- 探索した解(もしくは解のたどり方)をタブーリストに保存して一定期間たどらないように探索する
 - 局所解に入らないように

タブーサーチ

1. 現在の解 $S \leftarrow S_0$, 最良解 S_{best} , タブーリスト $TList$ を準備
2. 終了条件(ステップ数など)まで
 1. 解 S の近傍リスト $SList$ を計算
 - タブーリスト $TList$ に入らないような遷移の遷移先 $S \rightarrow S'$ のみを追加
 2. $SList$ 中の最良解 S_1 が S_{best} よりも良いなら
 1. $S_{best} \leftarrow S_1$
 3. $S \leftarrow S_1$
 4. $S \rightarrow S_{best}$ なる遷移を $TList$ の末尾に追加
 5. $TList$ が規定の長さを超えたら
 - $TList$ の先頭の要素を削除

アプローチ



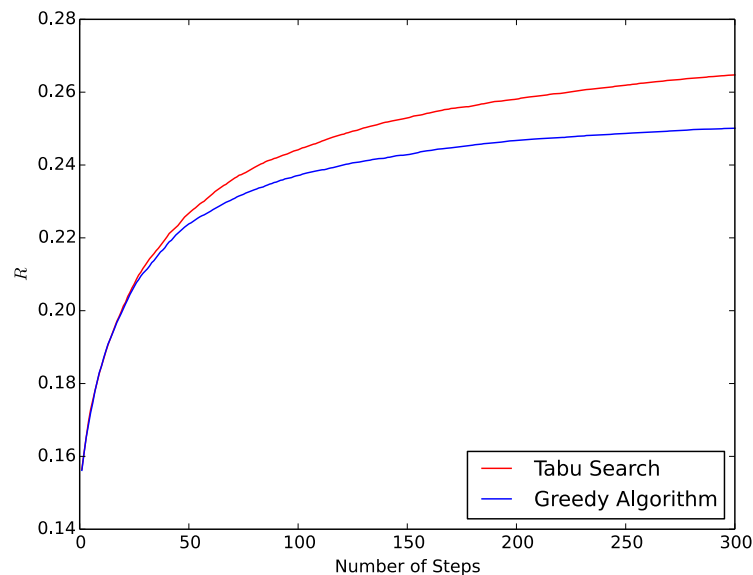
- 入れ替えた辺を記録
 - タブーリストに追加
 - 同じ辺が入れ替わることを防ぐ
- 左では
 - (1, 5), (2, 3)を追加
 - しばらく(1, 5)と(2, 3)を入れ替えに使わない

実験

- ・ タブーサーチと貪欲法を比較

名称	パラメータ
ステップ数	300
近傍解リストの大きさ	10
タブーリストの大きさ	7
試行回数	100

実験結果



- 50ステップあたりまでは同じように上昇
- 貪欲法は $R = 0.25$ あたりで頭打ち(局所解)
- タブーサーチは300ステップを超えてもまだ上昇(しそう)

まとめ

- グラフ理論
 - 定義
 - グラフの有用性
 - 実装方法
- タブーサーチ
 - 位置づけ
 - アルゴリズム
 - ネットワーク強度最適化問題

参考・画像

- [Sun, Shi-wen, et al. "Tabu Search enhances network robustness under targeted attacks." Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 446 \(2016\): 82-91.](#)
- [Mat Buckland 著、松田 晃一 訳 実例で学ぶゲームAIプログラミング オライリー・ジャパン 2007年09月](#)
- [www.biology.arizona.edu](#) $\cos(x)$ のグラフ
- [www.ai-blog.net](#) ウェイポイント
- [gamedevelopment.tutsplus.com](#) 有限状態機械
- [en.wikipedia.org](#) 電力ネットワーク