色数とおじゃまぷよを制限した一般化ぷよぷよの連鎖数判定問題のNP完全性

大阪電気通信大学大学院
工学研究科 情報工学専攻
木場 裕矢　宗重 成央　上嶋 章宏

2011/3/10

目次

- 研究背景・目的
- 一般化ぷよぷよ
  - 連鎖数判定問題
- 3-PATITIONからの還元
  - おじゃまぷよを使用した3色での本問題
  - おじゃまぷよを使用せず5色での本問題
- まとめと今後の課題

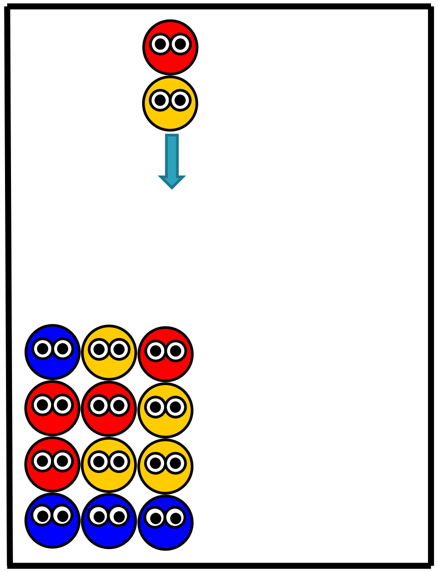
研究背景・目的

NP完全

一般化ぷよぷよの連鎖数判定問題

［松金，武永，2005］

色数4色以上
おじゃまぷよ使用



ぷよぷよ

・色数を減らすとどうなるか？

・おじゃまぷよを使用しないとどうなるか？

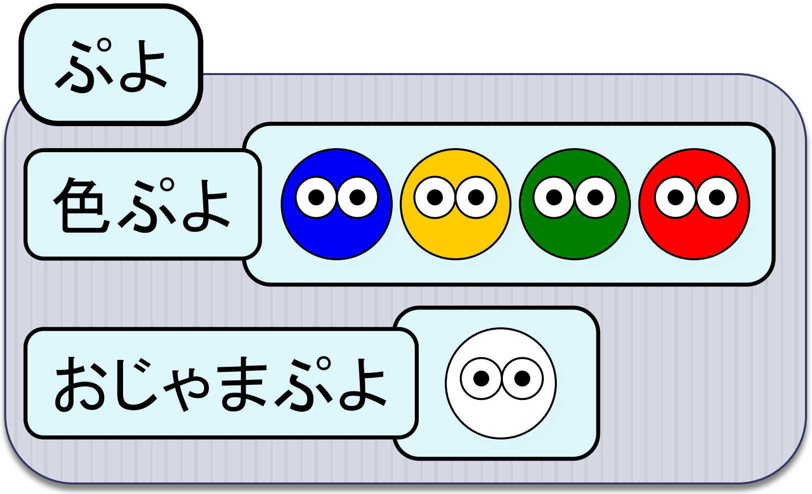
研究背景・目的

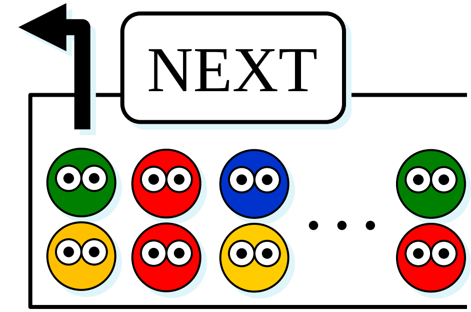
一般化ぷよぷよの連鎖数判定問題において

	1色	2色	3色	4色	5色	6色	7色	・・・
おじゃまぷよ 有	？	？	？	NP完全	[松金, 武永, 2005]			
おじゃまぷよ 無	P	？	？	？	？			

◯を新たにNP完全と証明した

一般化ぷよぷよとは

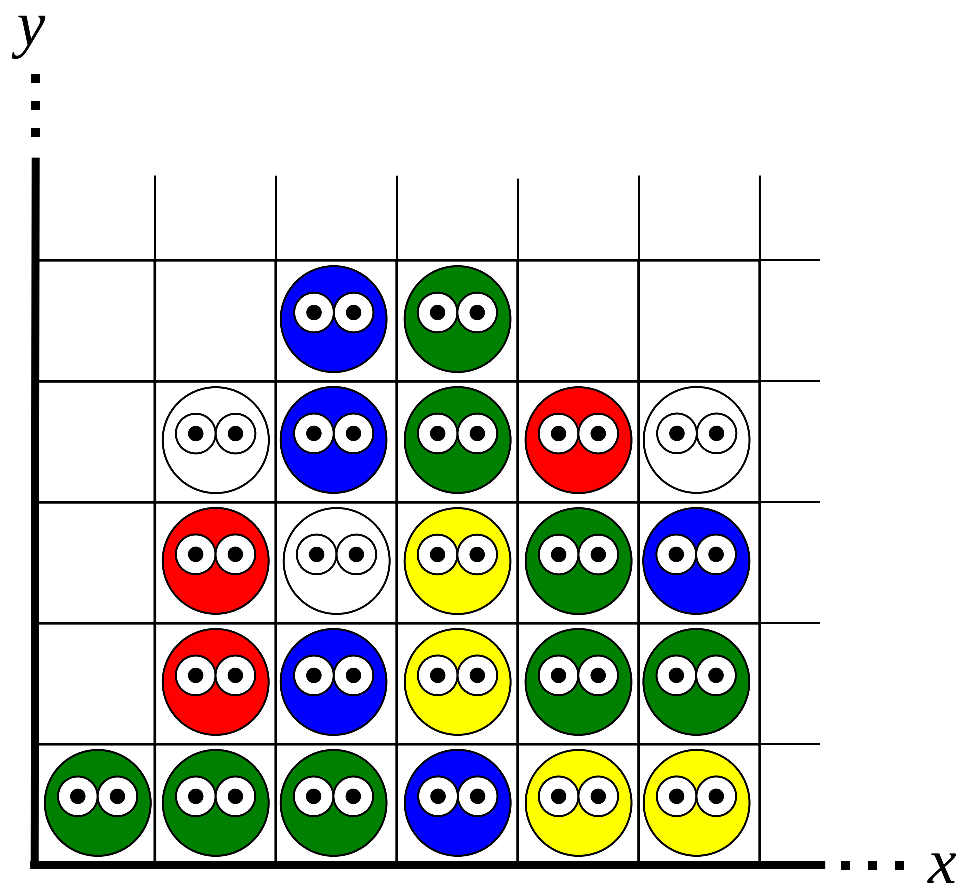




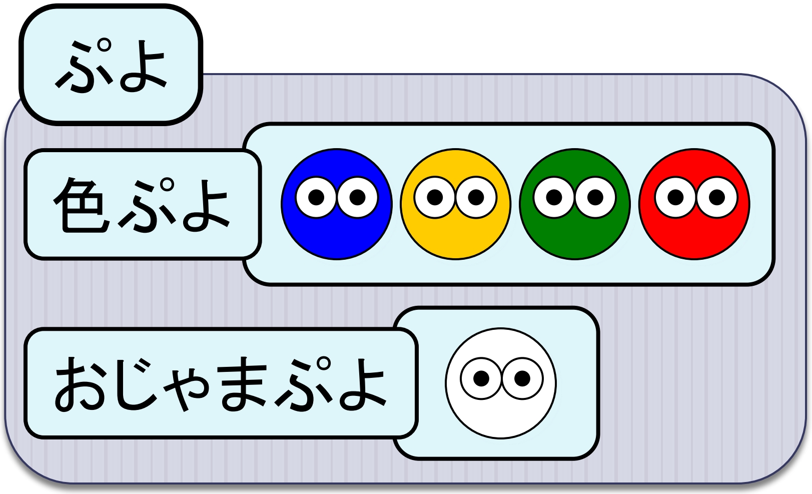
盤面の縦横の長さは無制限

初期盤面が存在

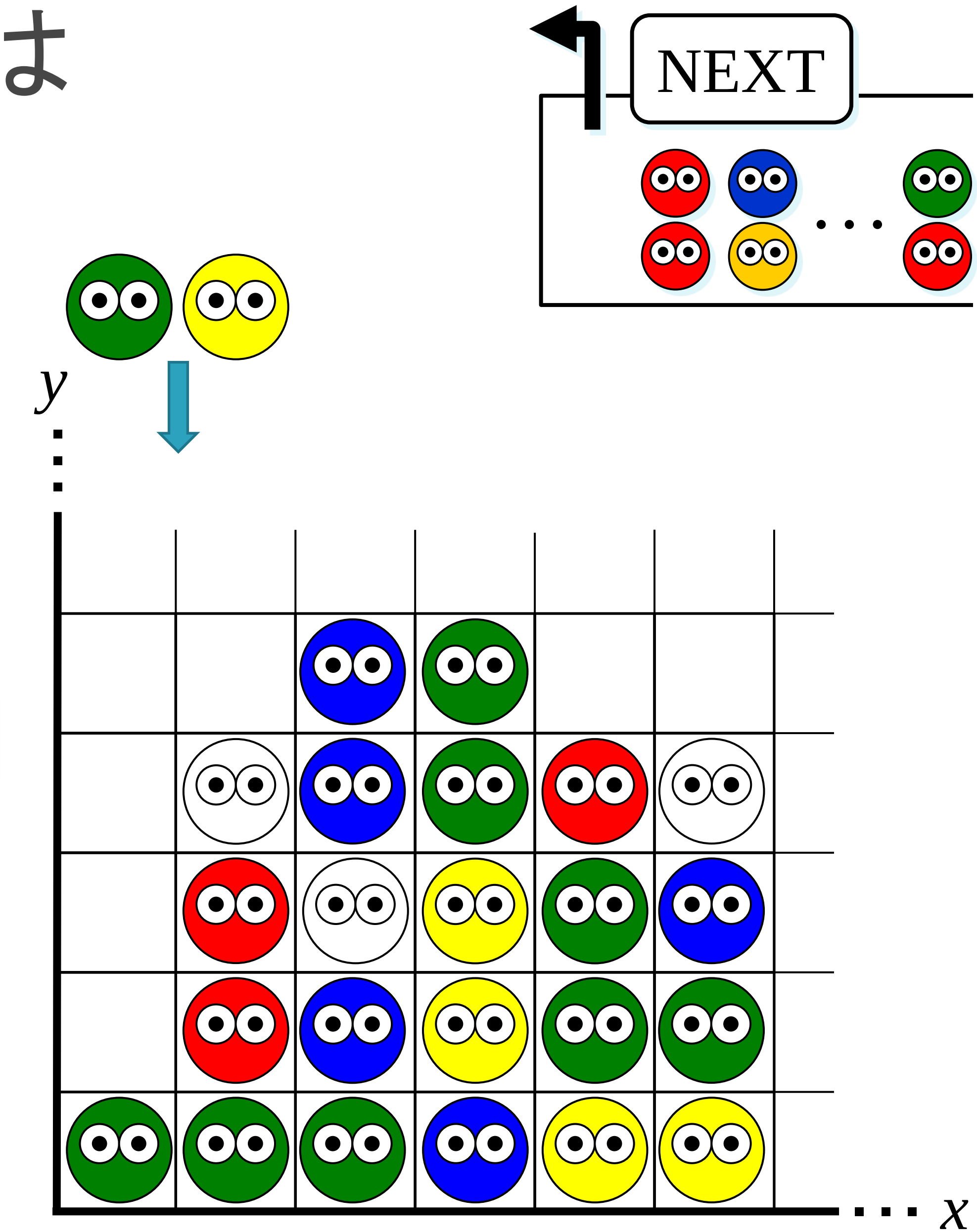
出現順が存在



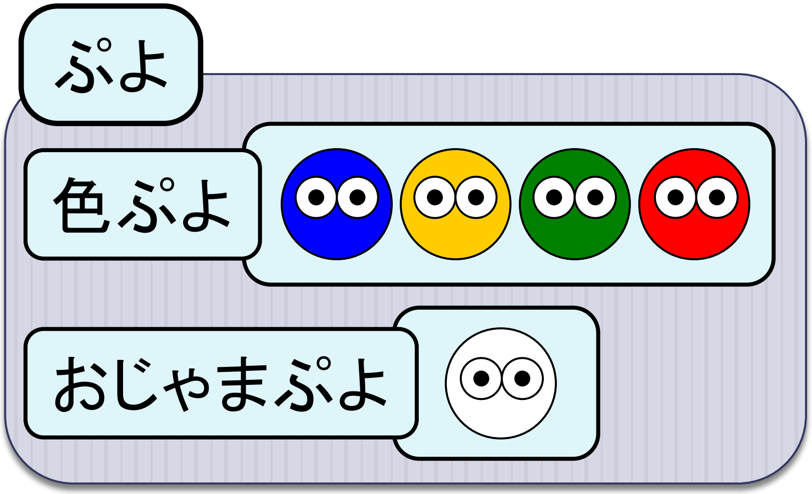
一般化ぷよぷよとは

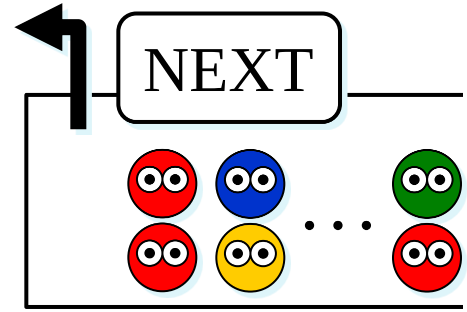


- 落とすぷよは2個1組(ピース)
- x軸方向へ移動
- 90° 回転
- 落下



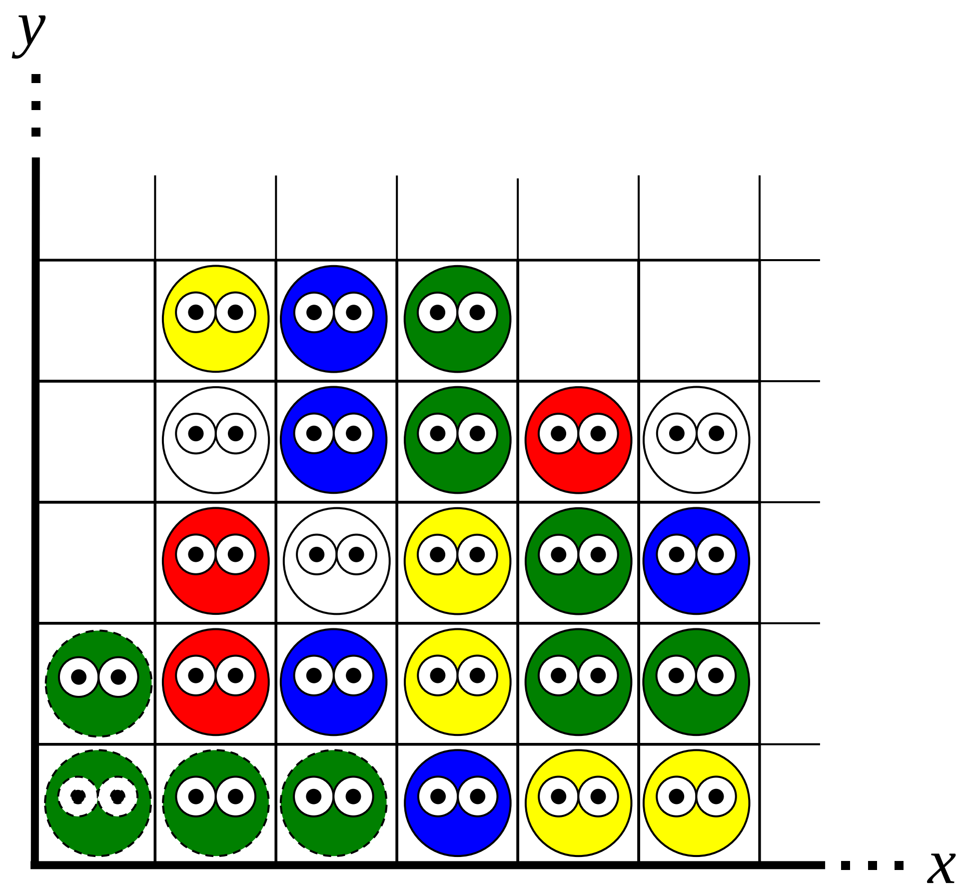
一般化ぷよぷよとは



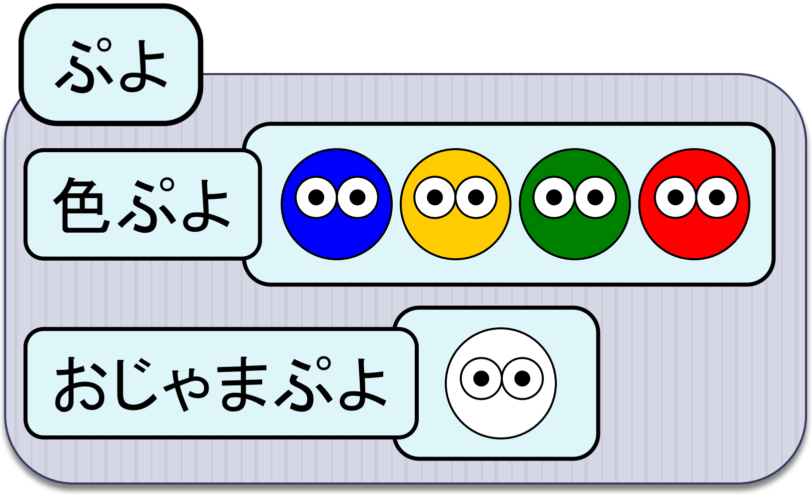


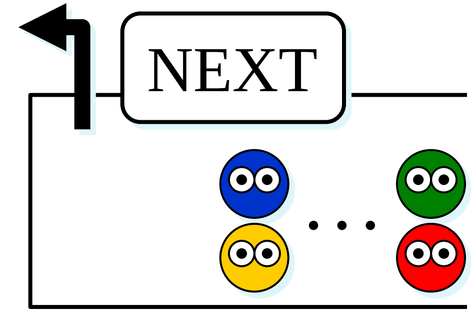
接触するまで落下

同色が4個以上の隣接で消滅



一般化ぷよぷよとは

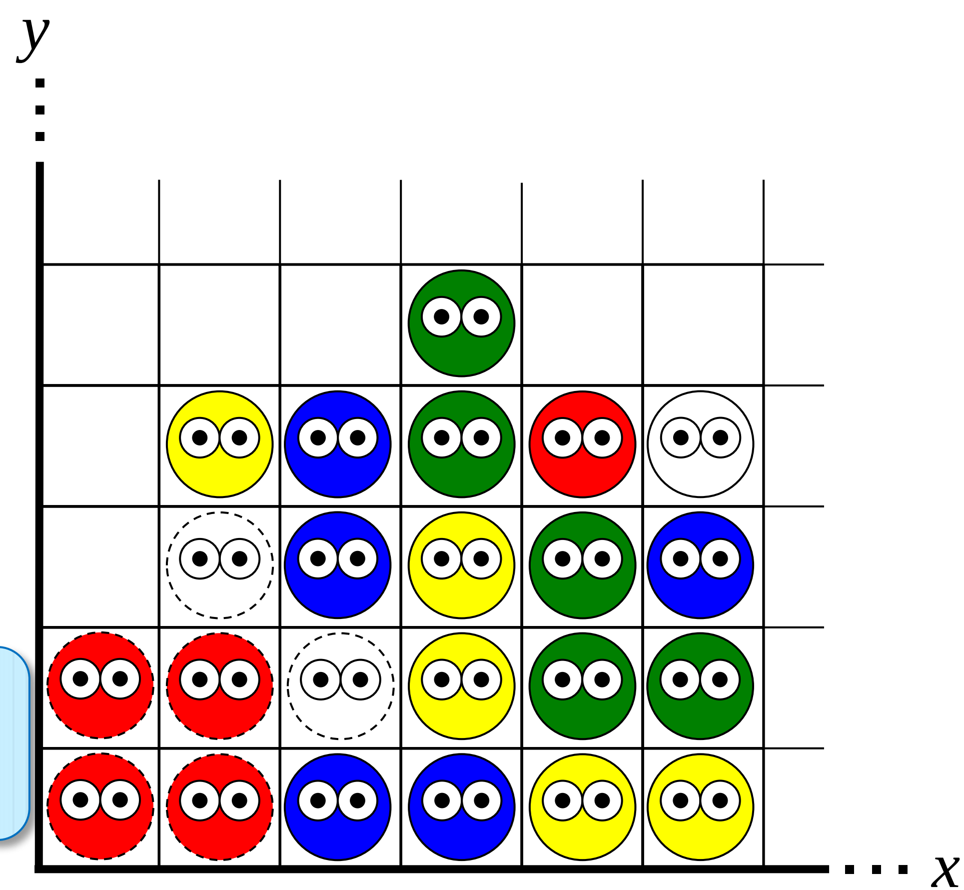




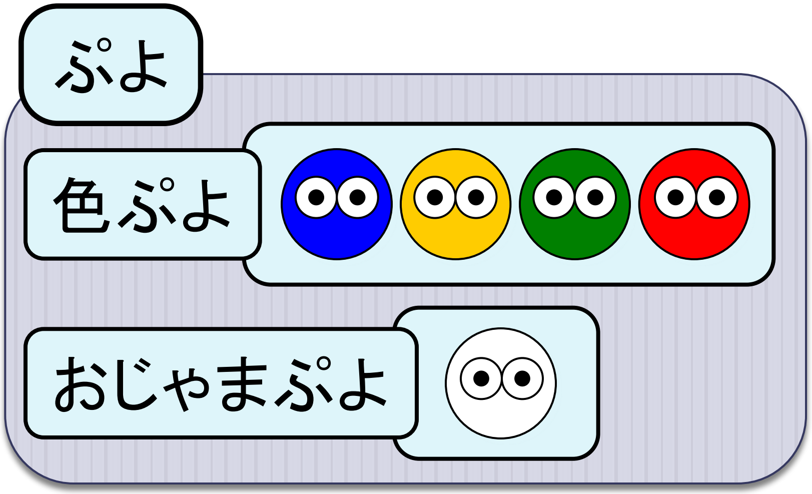
接触するまで落下

同色が4個以上の隣接で消滅

おじゃまぷよは色ぷよ消滅時に隣接しているなら消滅



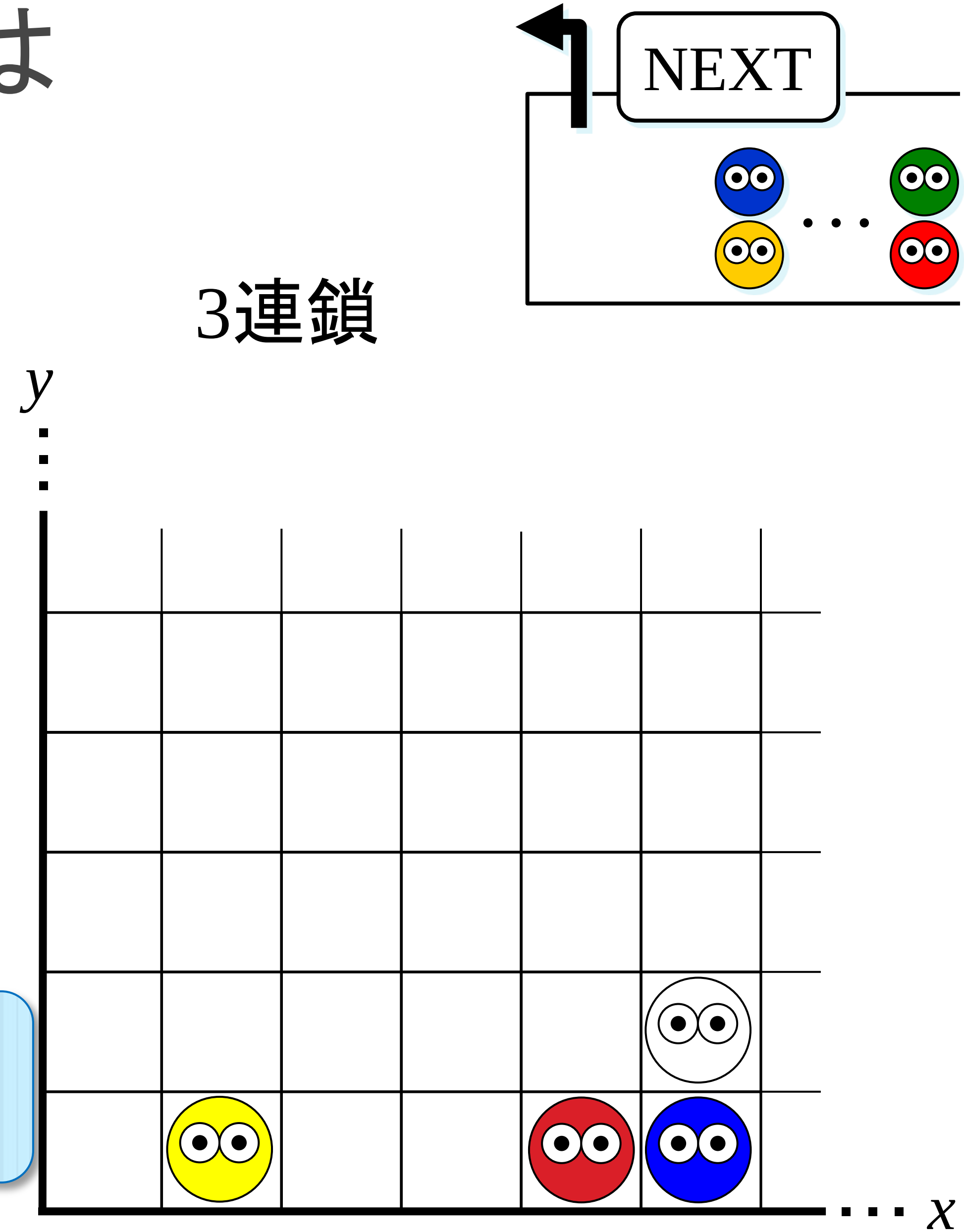
一般化ぷよぷよとは



接触するまで落下

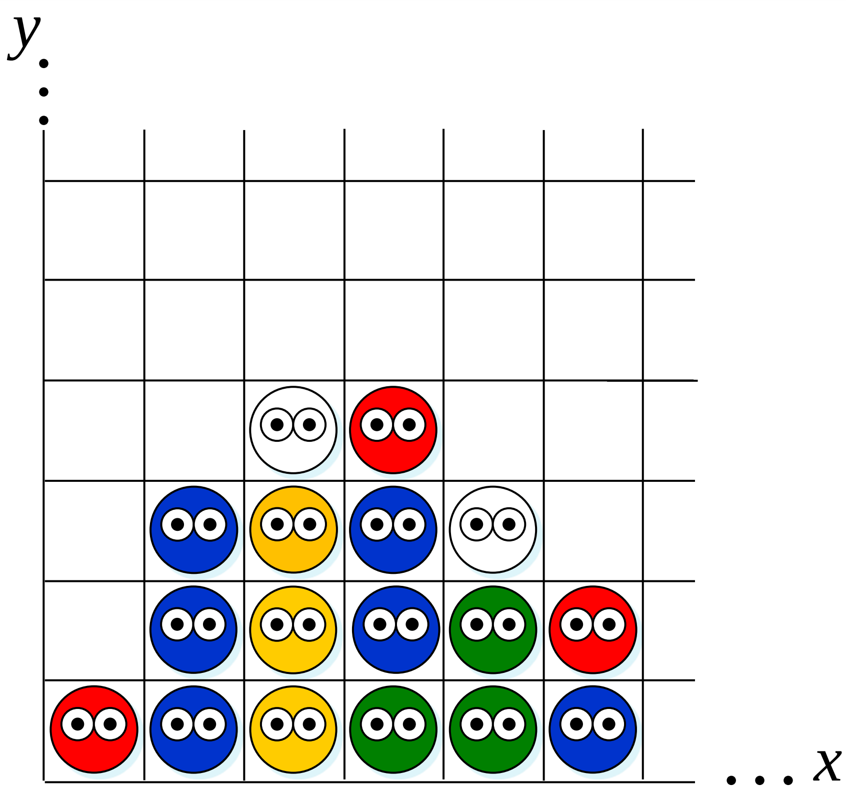
同色が4個以上の隣接で消滅

おじゃまぷよは色ぷよ消滅時に隣接しているなら消滅

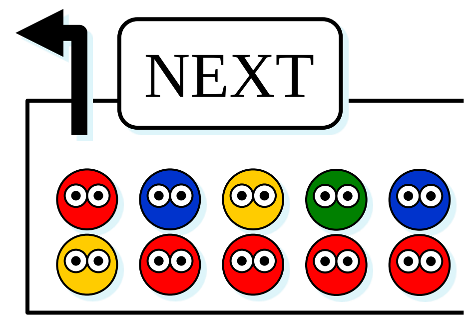


連鎖数判定問題

入力：初期盤面 B, ピース列 P, 正整数 k ,
質問：k連鎖が可能か？



初期盤面B



ピースの列 P

$k = 6$

本問題は**NP**に属する

既知のNP完全問題

3-PARTITION

入力:
正整数T, $a_1, a_2, \ldots, a_{3s}$
($T/4 < a_i < T/2$, a_iの総計はsT),

質問:
各a_iをs個の集合Aに3つずつ振り分けて, 全A中の和をTにできるか？

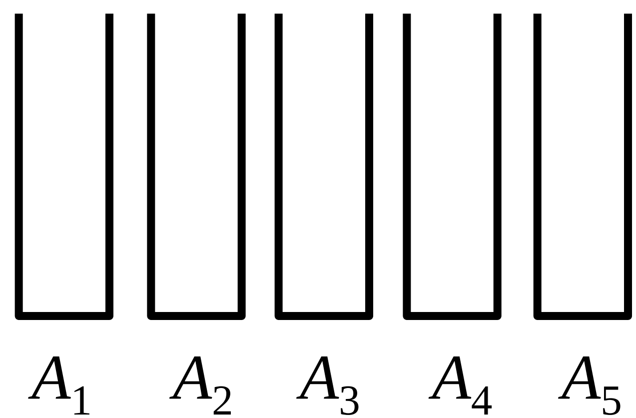
[M.R.Garey *et al*, 1979]

例

T=19 ($T/4$=4.75, $T/2$=9.5)

15個のa_i (s=5,合計95)

5	5	5	5	6
6	6	6	6	7
7	7	7	8	9



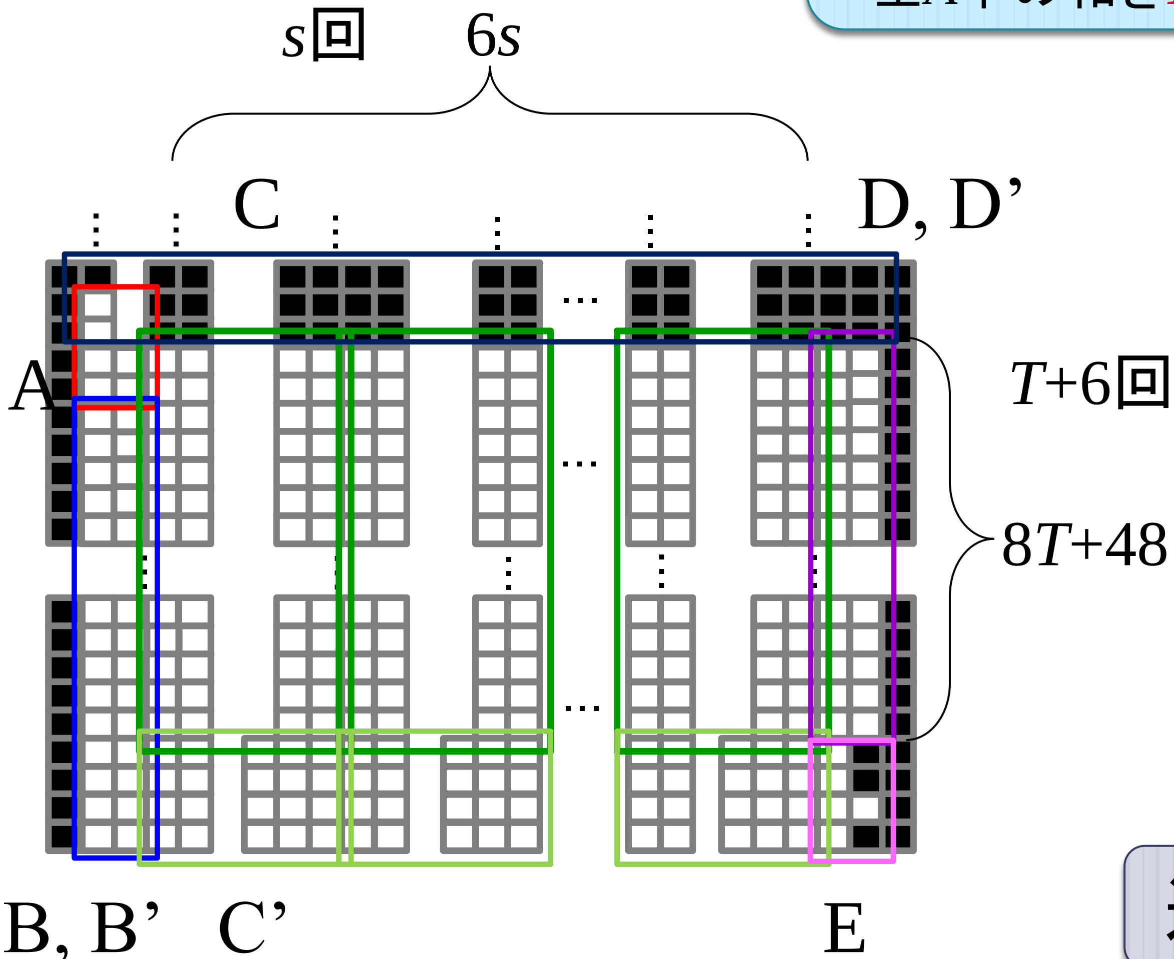
おじゃまぷよを使用した3色での一般化ぷよぷよの連鎖数判定問題

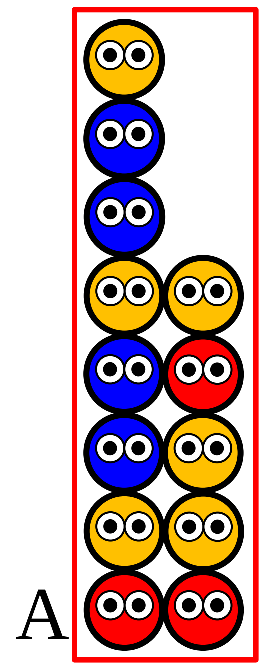
	1色	2色	3色	4色	5色	6色	7色	・・・
おじゃまぷよ 有	?	?	?	NP完全	[松金，武永，2005]			
おじゃまぷよ 無	P	?	?	?	?	?	?	?

初期盤面B

3-PARTITION

各a_iをs個の集合Aに3つずつ振り分けて，
全A中の和をTにできるか？



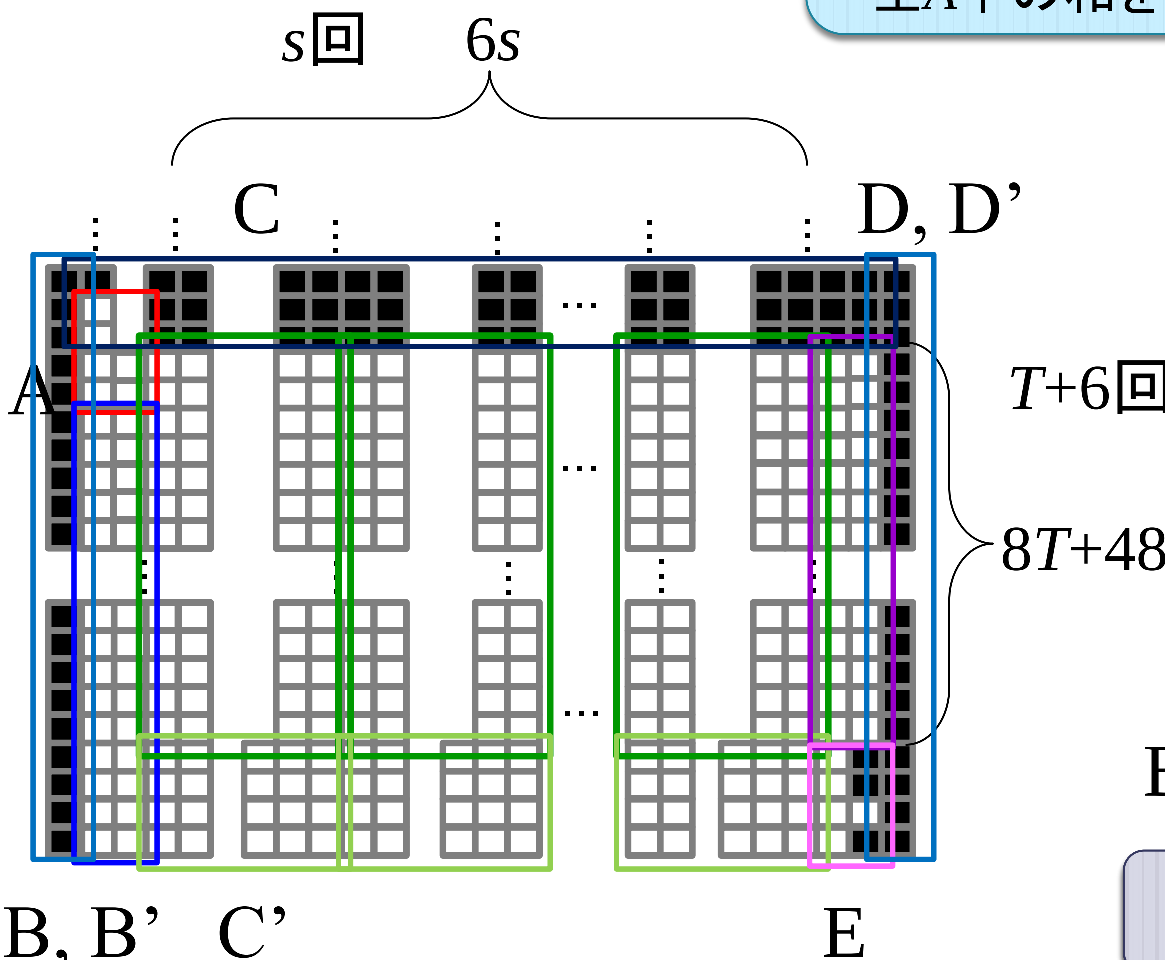


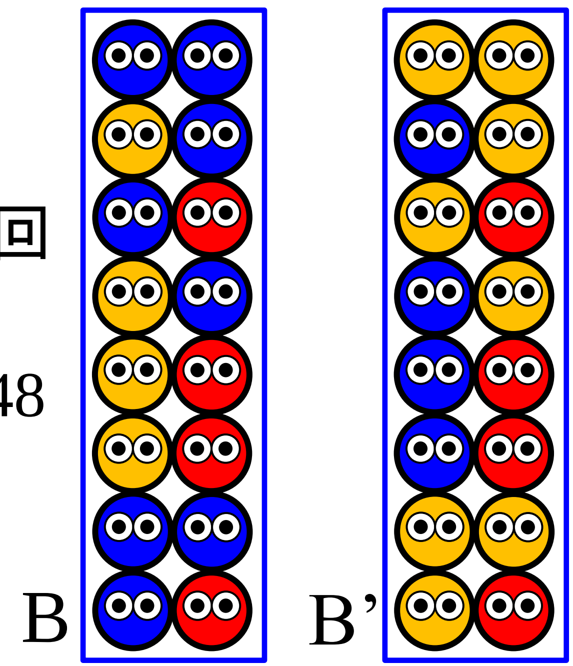
連鎖を開始する役割

初期盤面B

3-PARTITION

各a_iを**s**個の集合Aに3つずつ振り分けて，全A中の和を**T**にできるか？

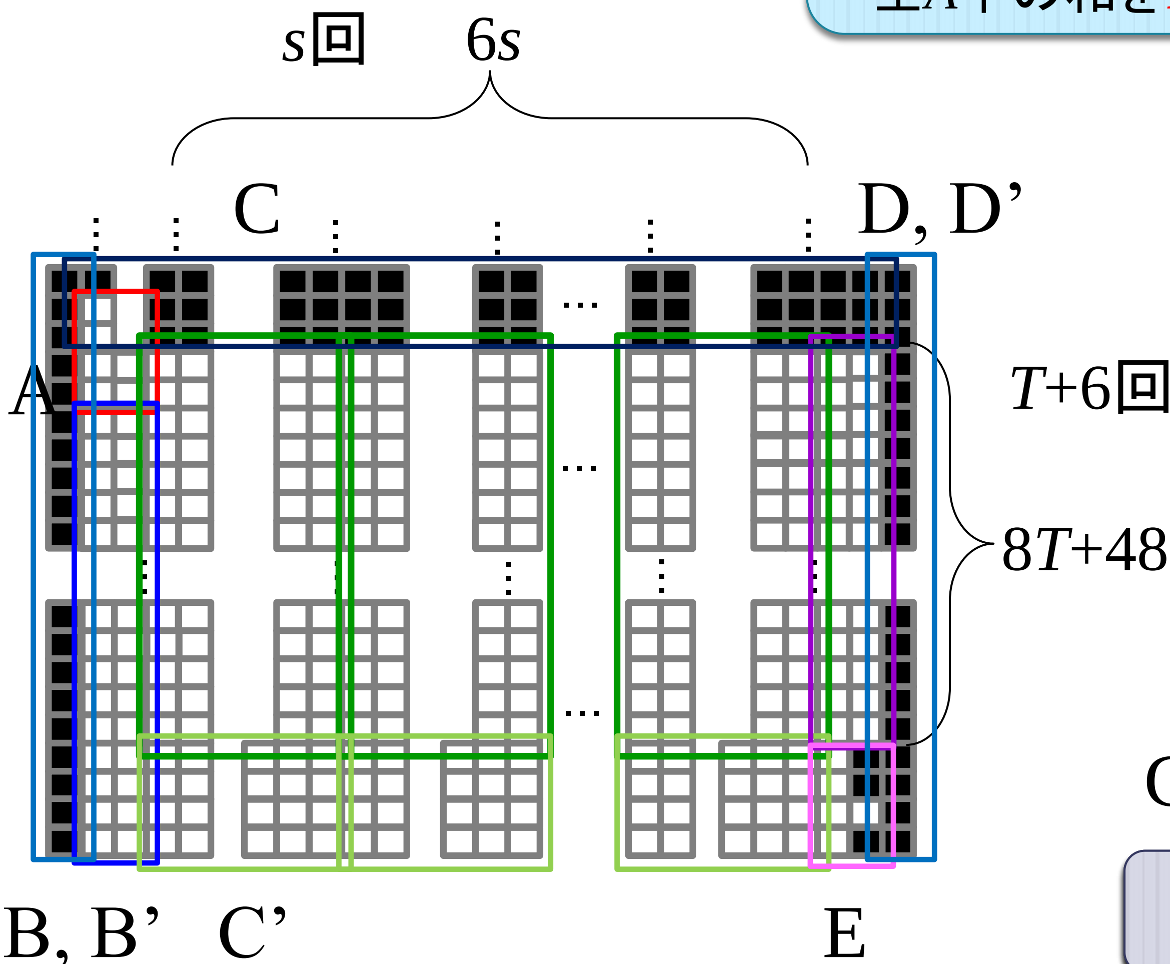


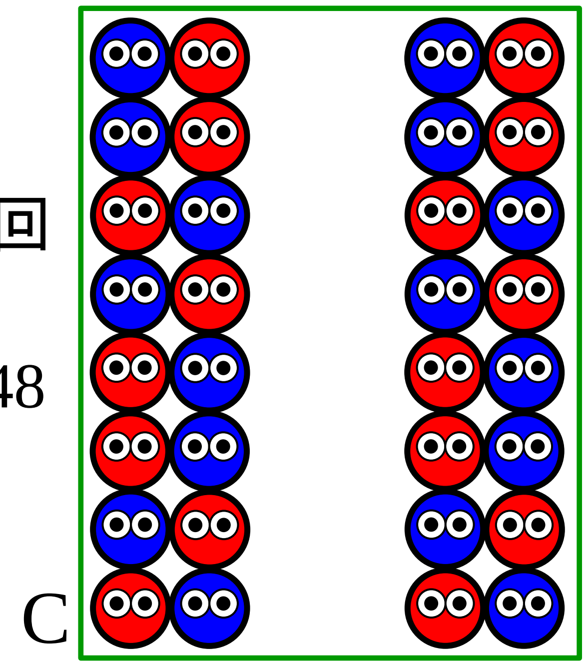


連鎖を折り返す役割

初期盤面B

3-PARTITION
各a_iを$\boldsymbol{s}$個の集合Aに3つずつ振り分けて，
全A中の和を$\boldsymbol{T}$にできるか？

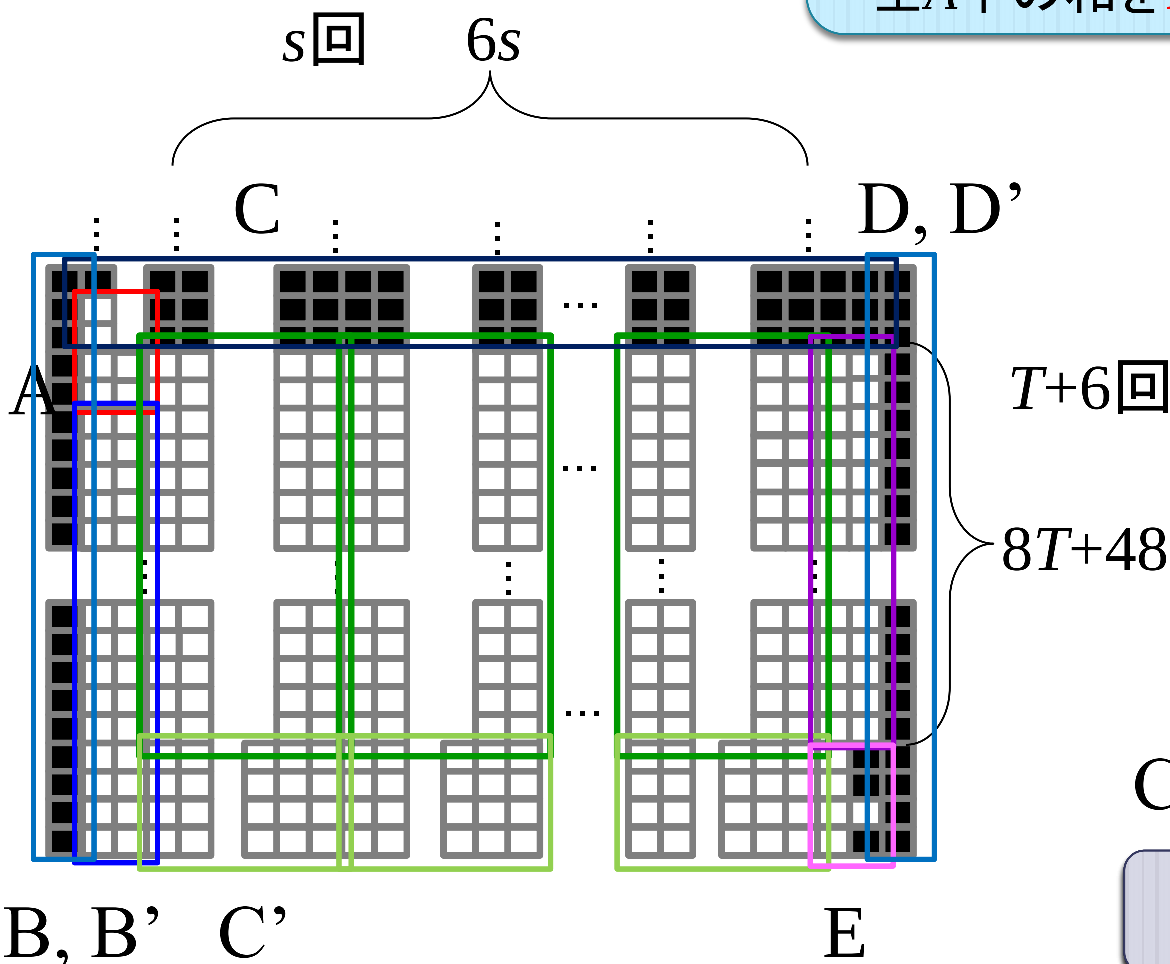


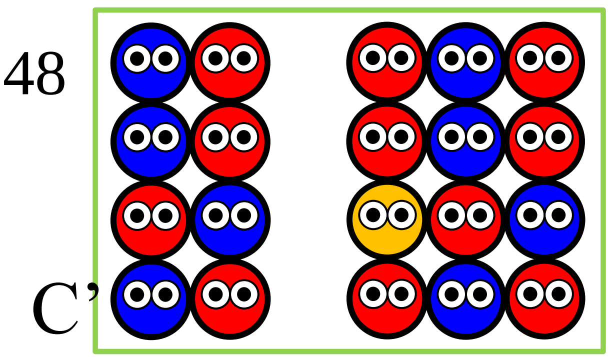


連鎖を繋げる役割

初期盤面B

3-PARTITION
各a_iをs個の集合Aに3つずつ振り分けて，
全A中の和をTにできるか？

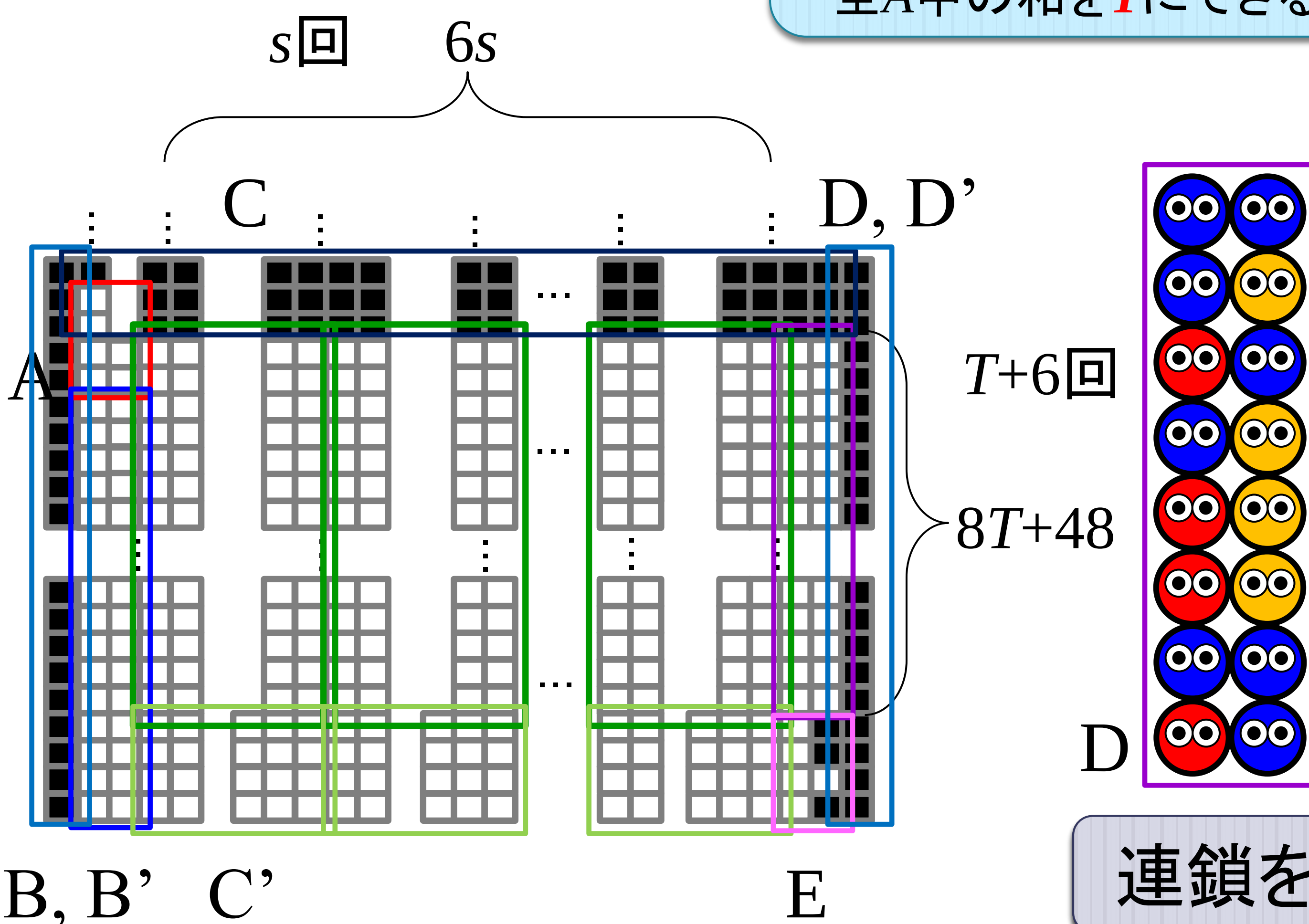




連鎖を繋げる役割

初期盤面B

3-PARTITION
各a_iを$\color{red}{s}$個の集合Aに3つずつ振り分けて，全A中の和を$\color{red}{T}$にできるか？

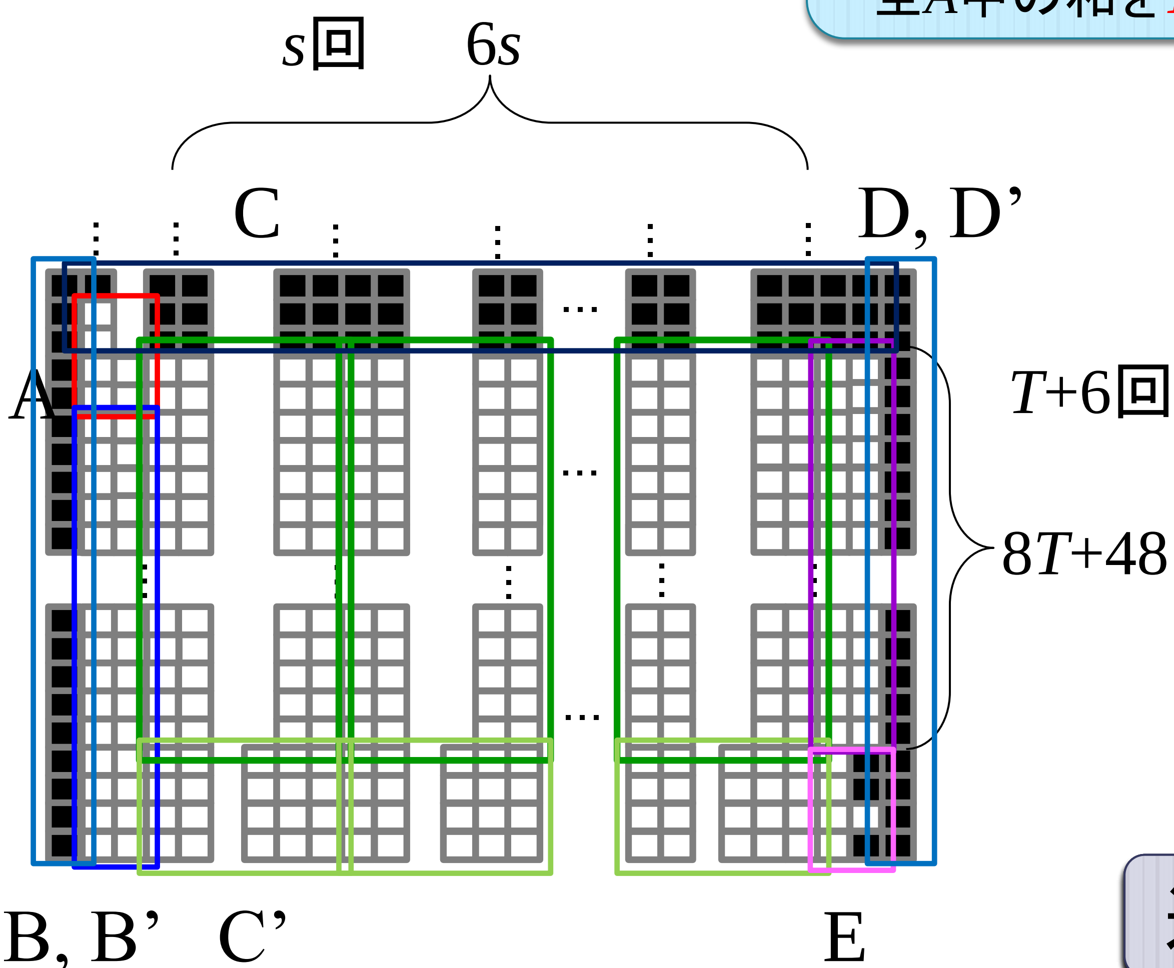


連鎖を折り返す役割

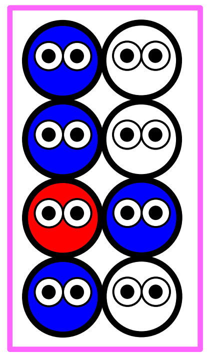
初期盤面B

3-PARTITION

各a_iをs個の集合Aに3つずつ振り分けて，全A中の和をTにできるか？



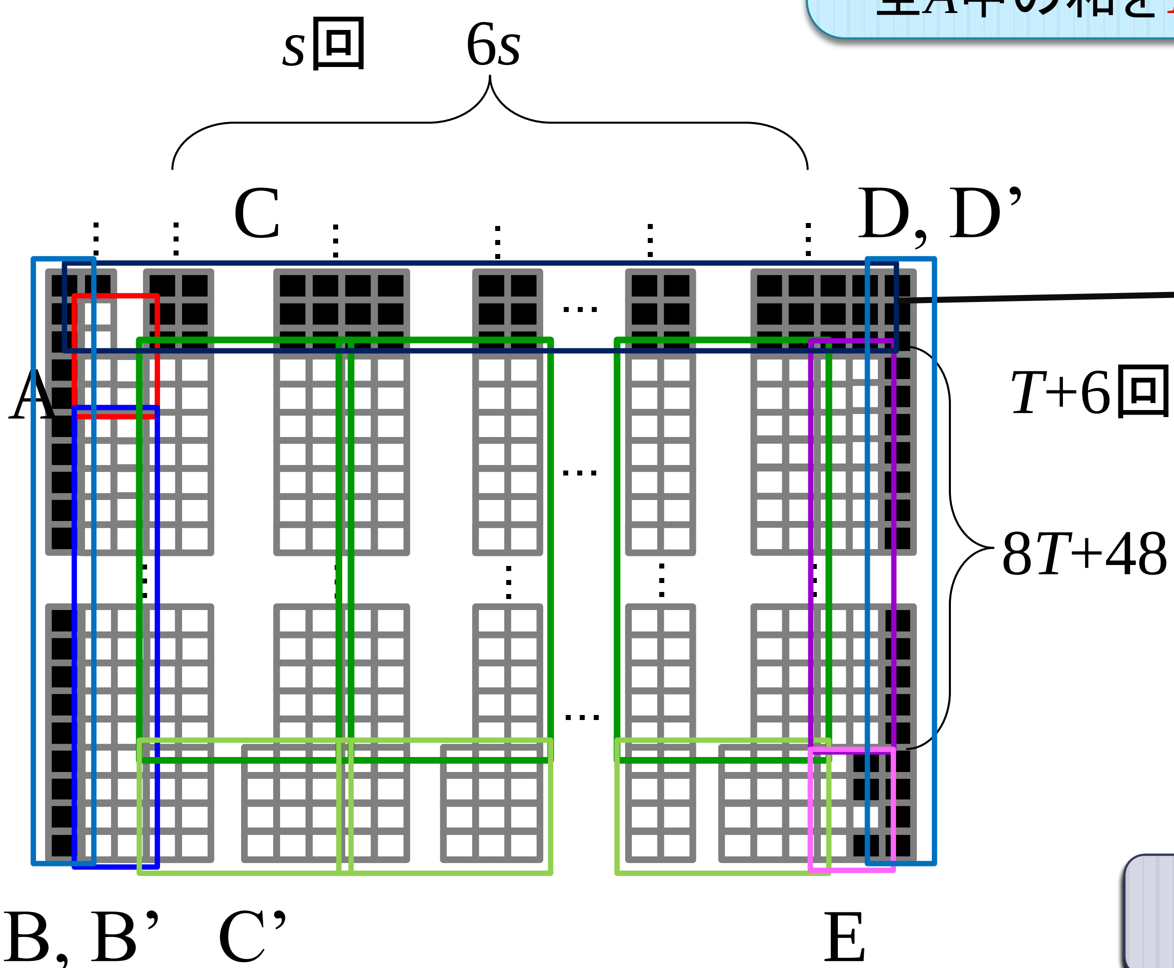
E



連鎖を終了する役割

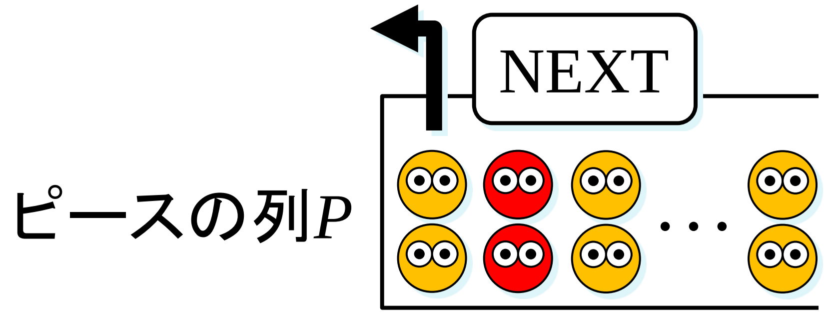
初期盤面B

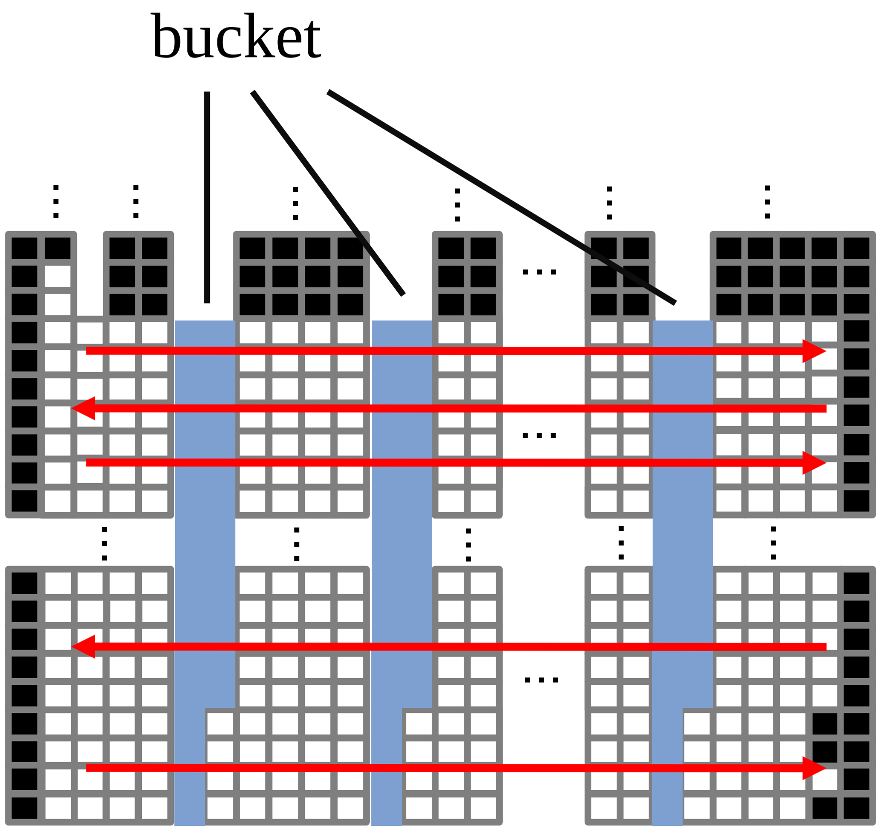
3-PARTITION
各a_iを$\boldsymbol{s}$個の集合Aに3つずつ振り分けて，
全A中の和を$\boldsymbol{T}$にできるか？



解の一致に必要

初期盤面B

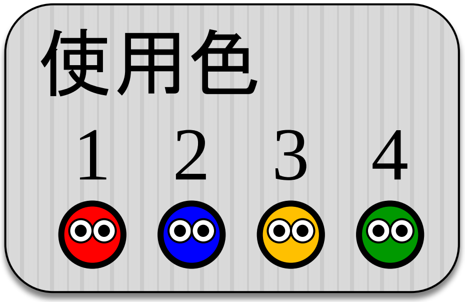


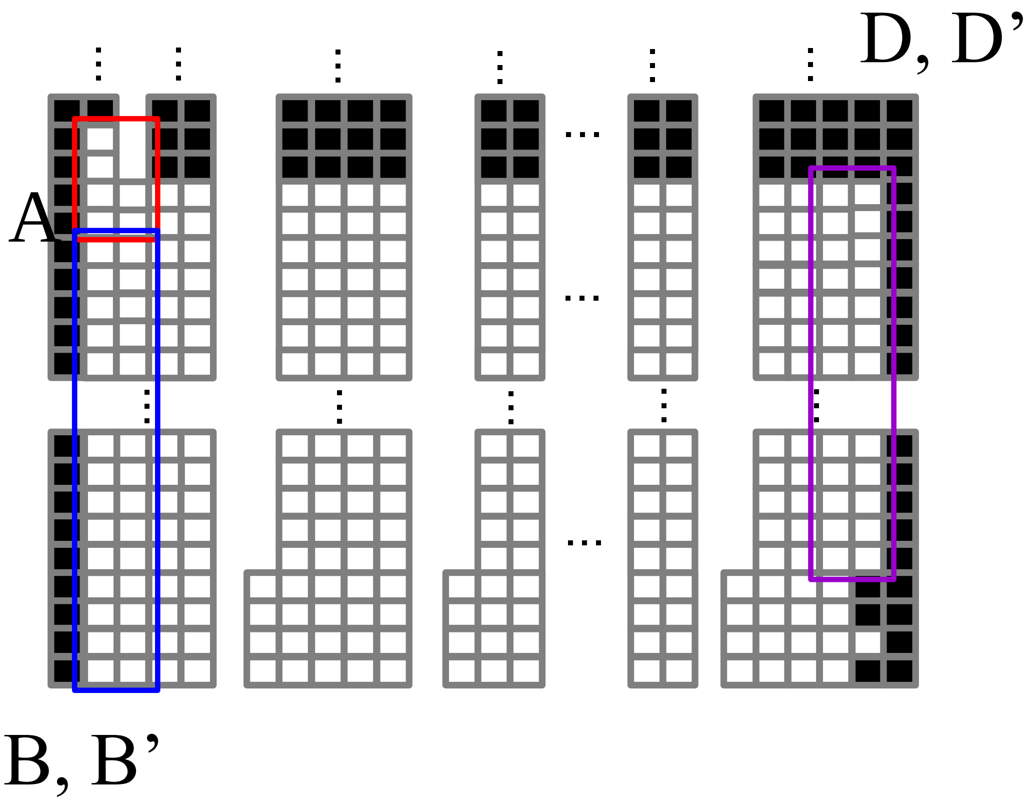


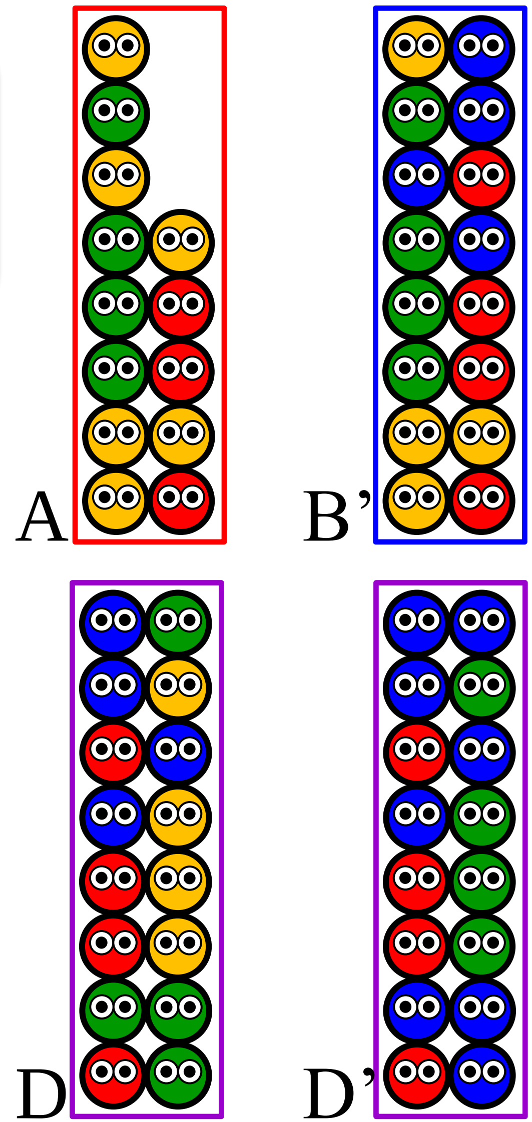
bucketにピースを埋める

全bucketを満たすとk連鎖

初期盤面B

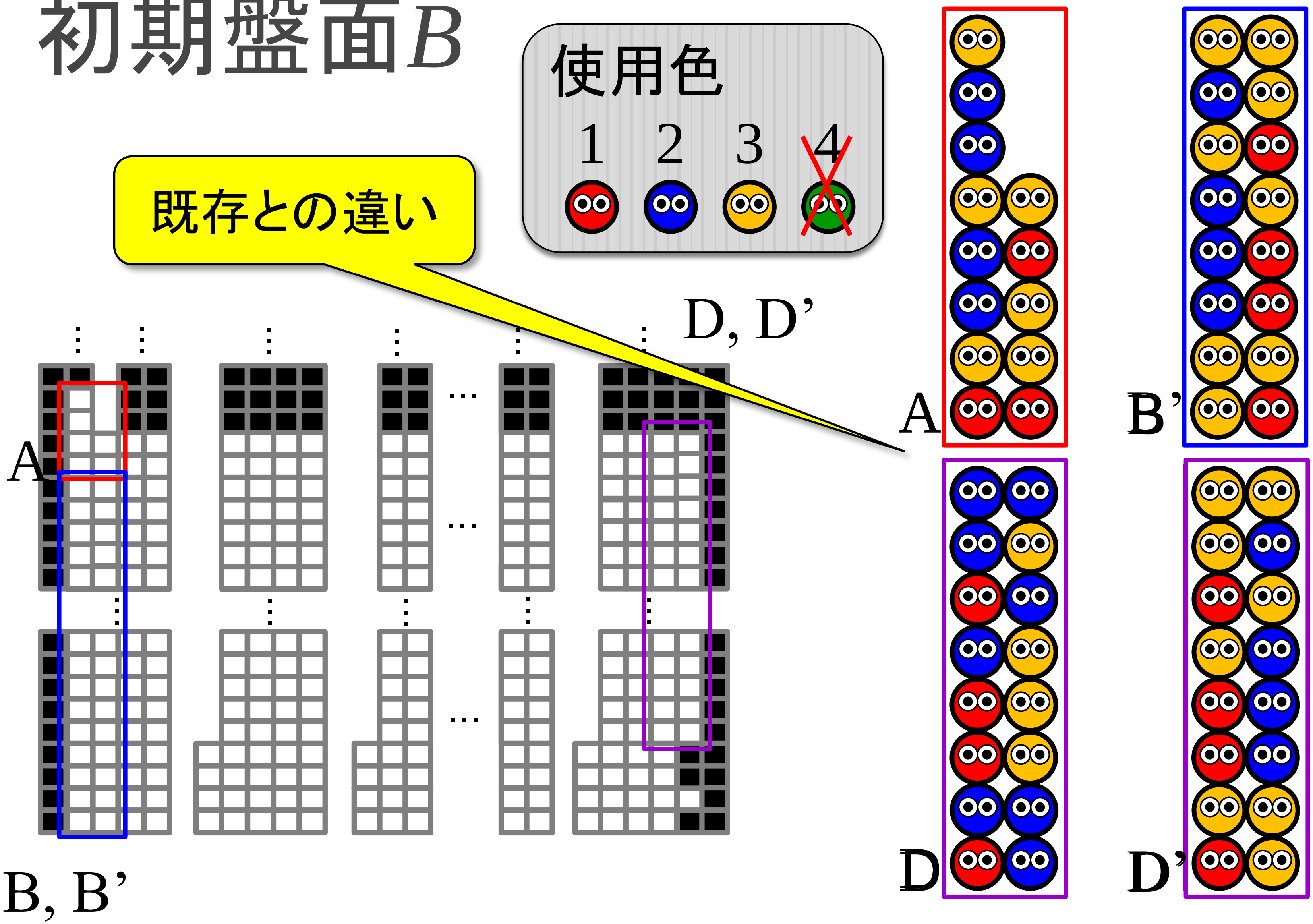






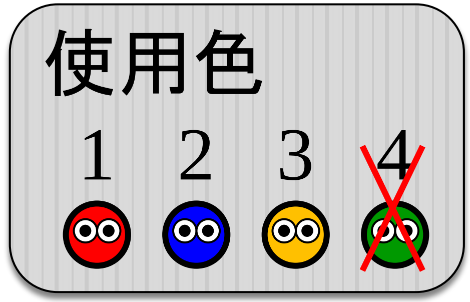
既存研究のパーツ

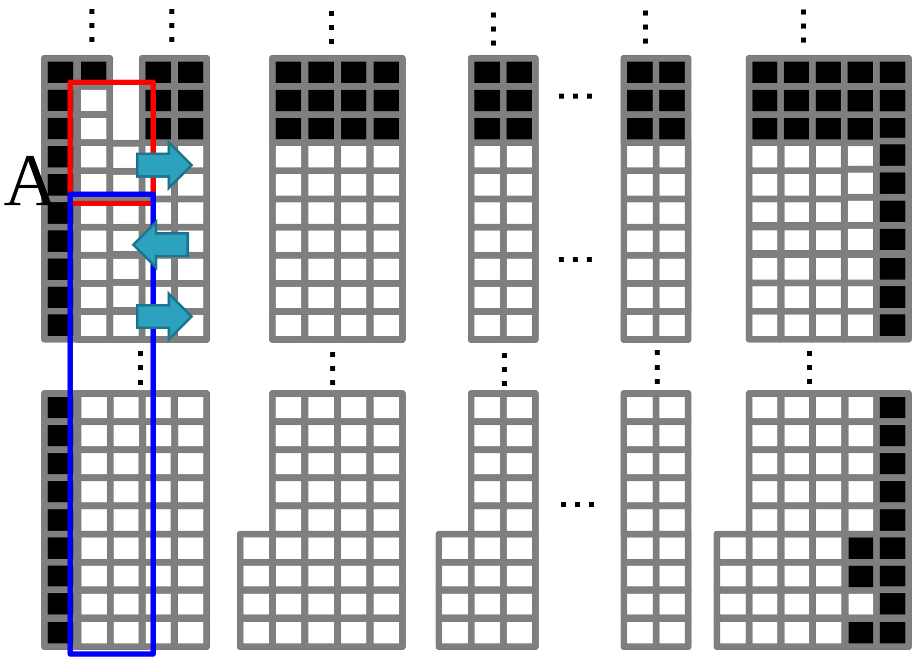
初期盤面B



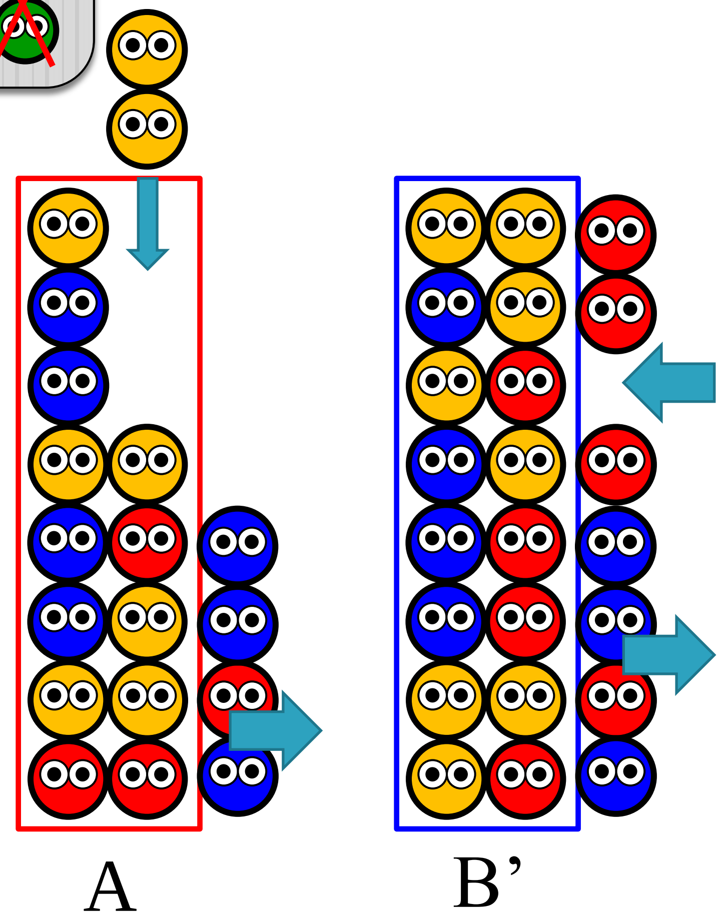
本研究のパーツ

初期盤面*B*

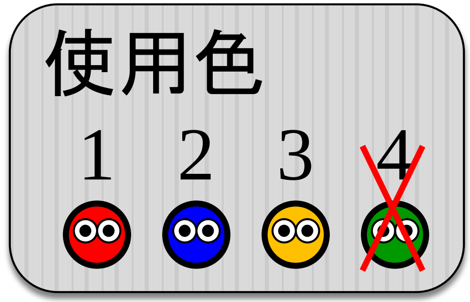


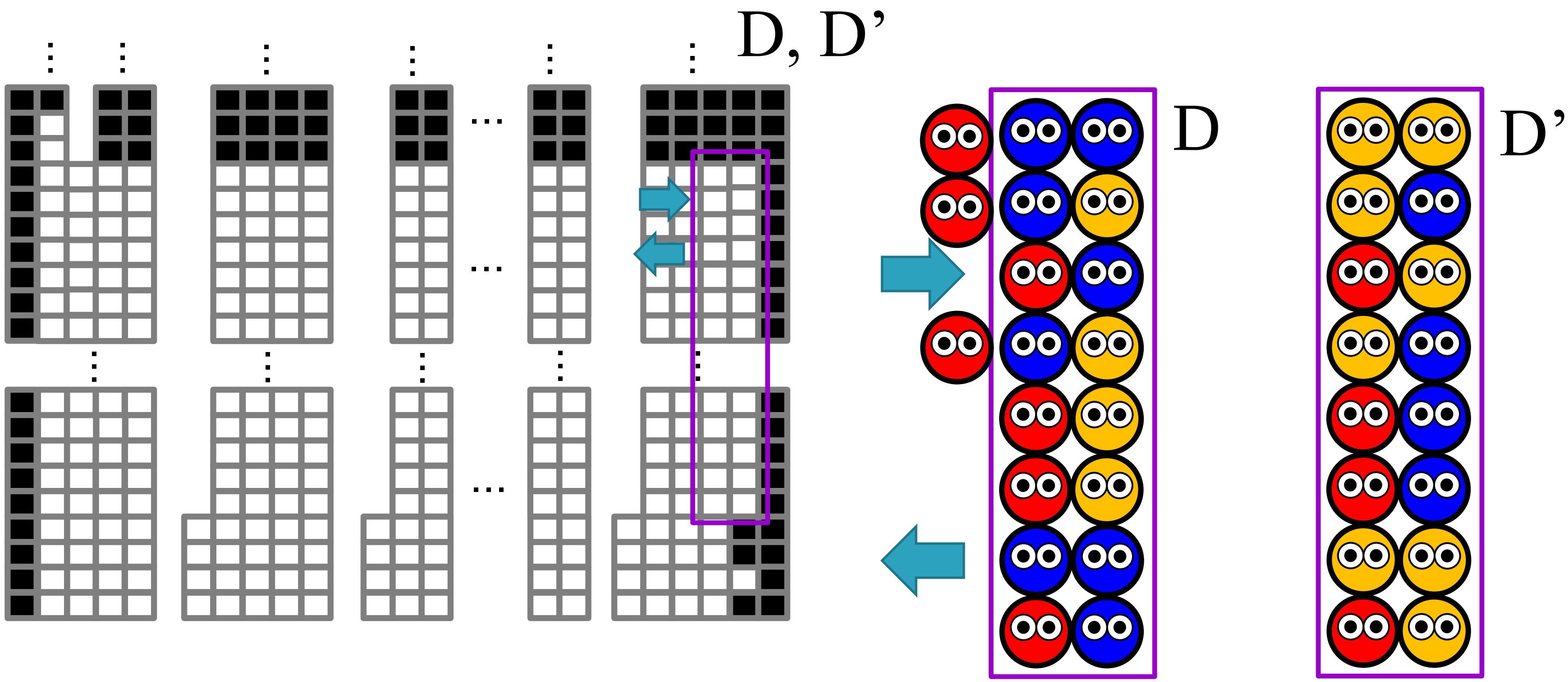


B, B’

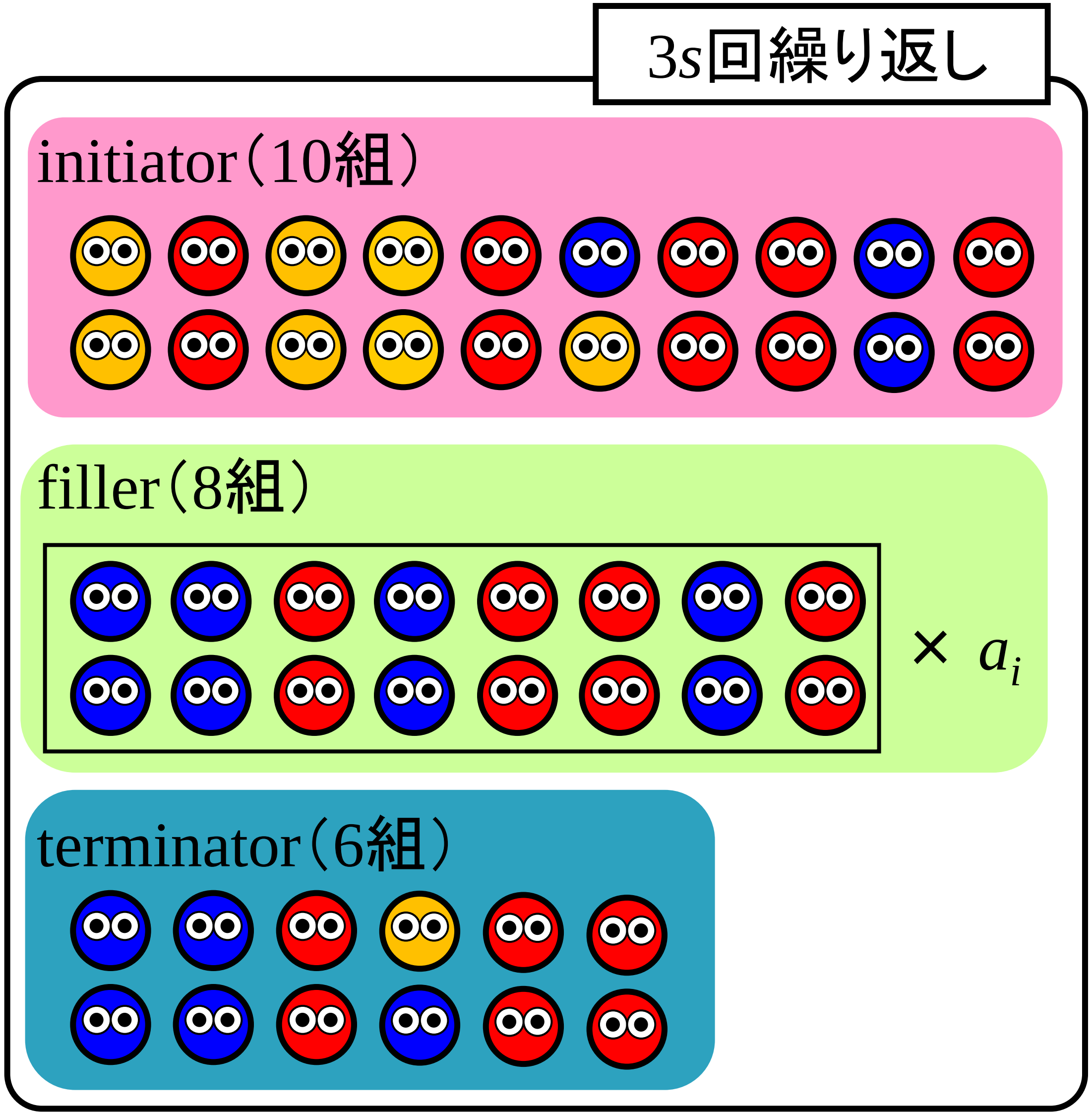


初期盤面B



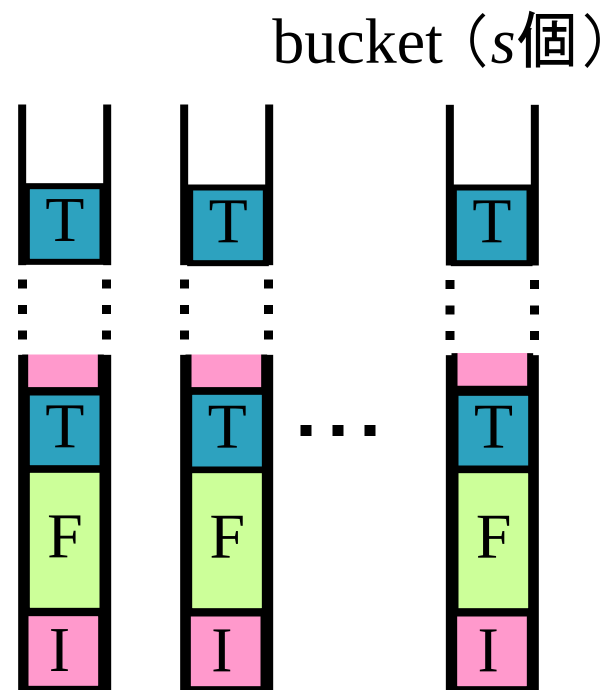


ピースの列 P

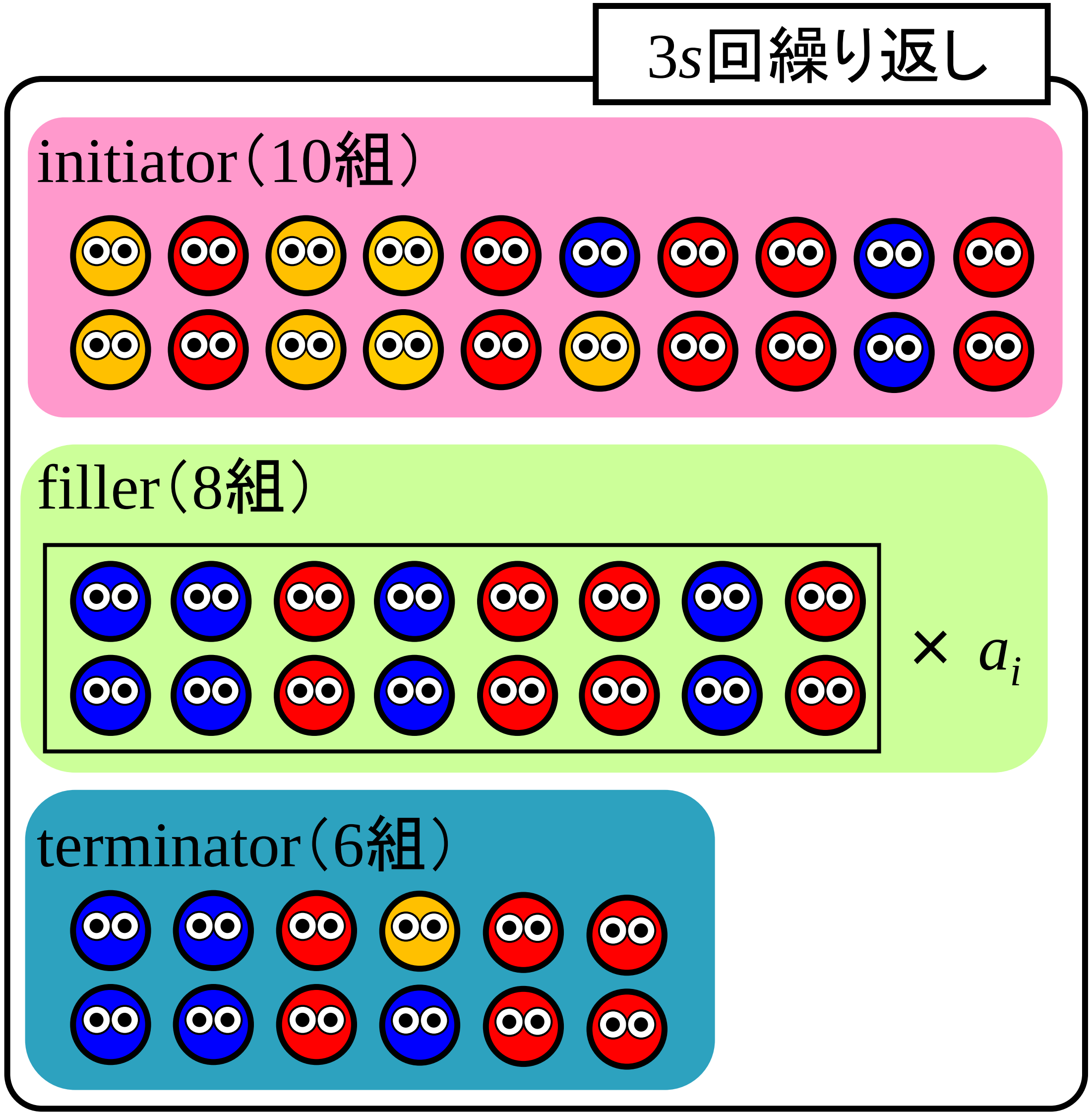


3-PARTITION

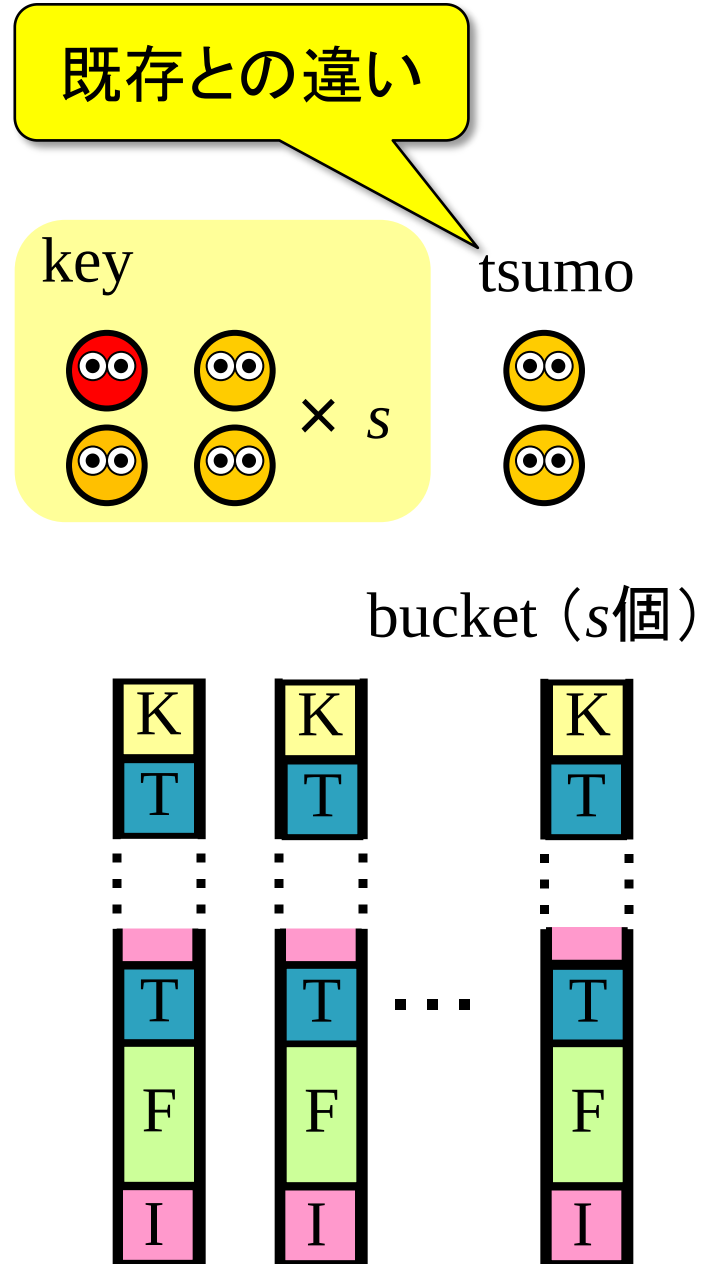
s ：集合の数
$3s$ ：要素の数
a_i ：要素の値



ピースの列 P

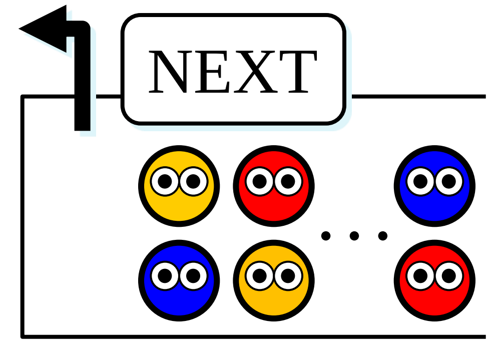


3s回繰り返し
initiator（10組）
filler（8組）
× a_i
terminator（6組）



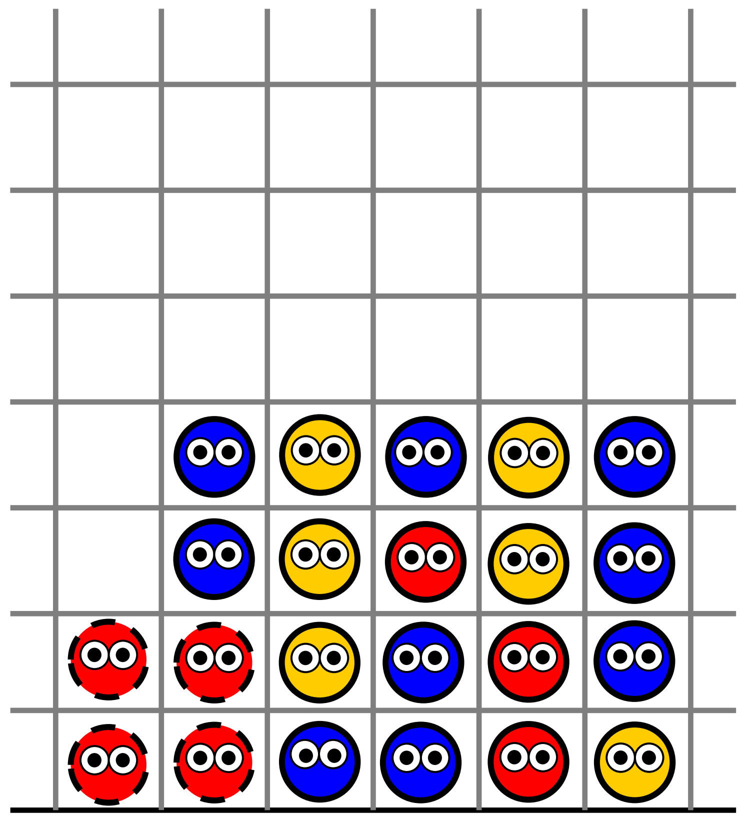
既存との違い
key
× s
tsumo
bucket（s個）
K
T
T
F
I
…

正整数 kと正当でない連鎖



$$k\text{ 連鎖} = \frac{\text{色ぷよの総数}}{4}$$

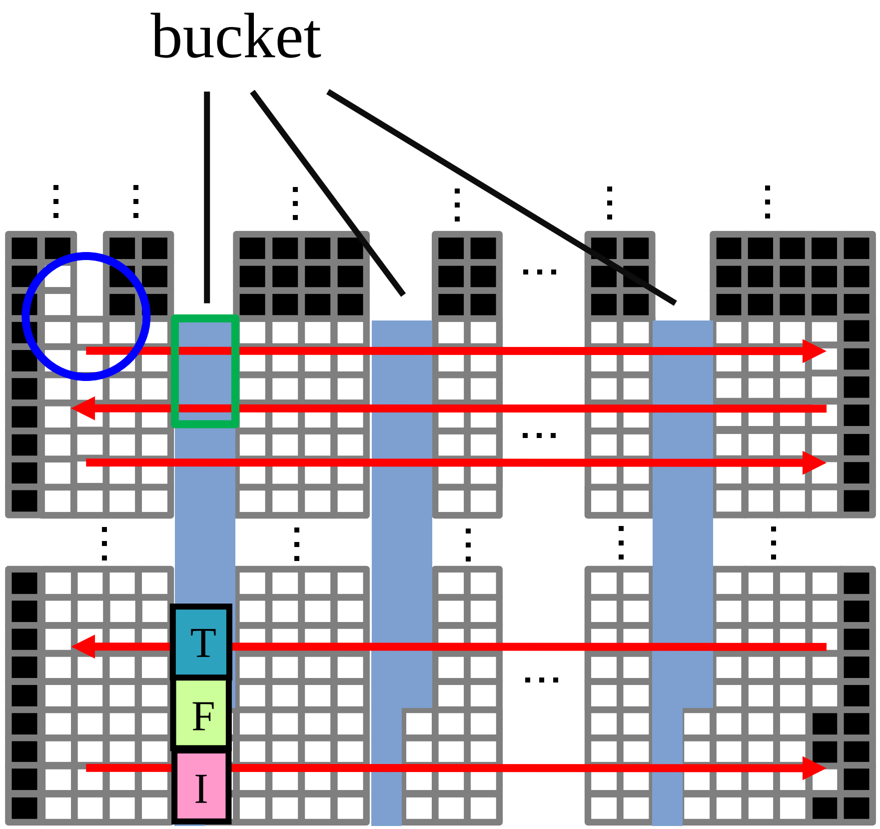
起りうる最大連鎖数



正当でない連鎖

- × ピース終了前にぷよを消す
- × 5個以上の同時消し
- × 連鎖が途中で止まる

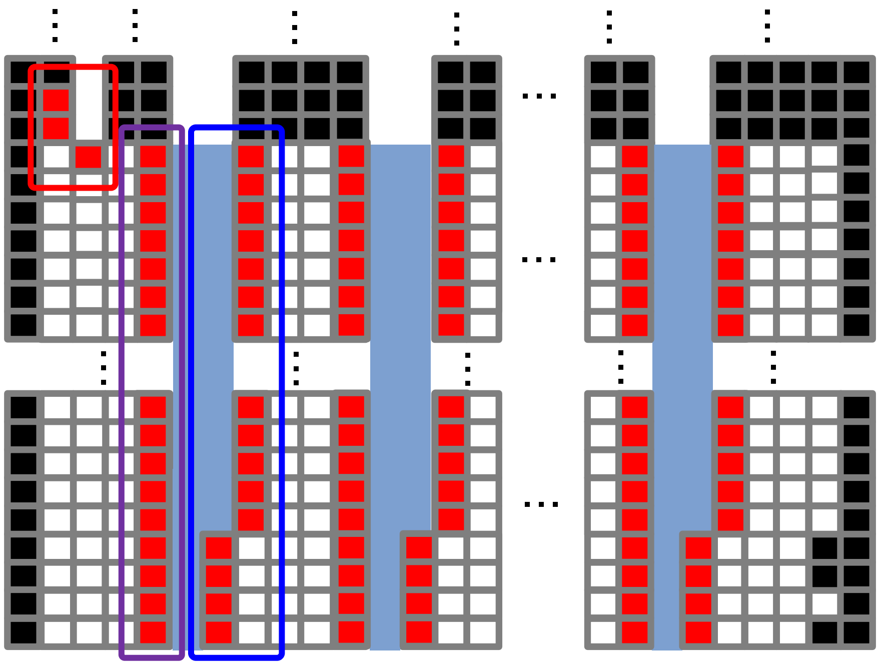
証明：本問題 → 3PARTITION

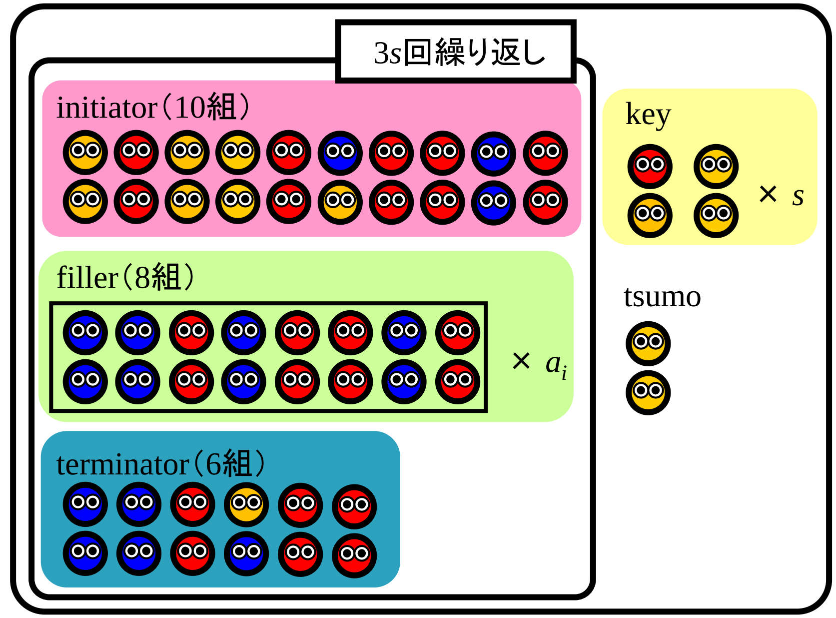


証明の手順

- 開始点が定まる
- 流れが定まる
- 配置が定まる
- 埋め方が定まる

開始点



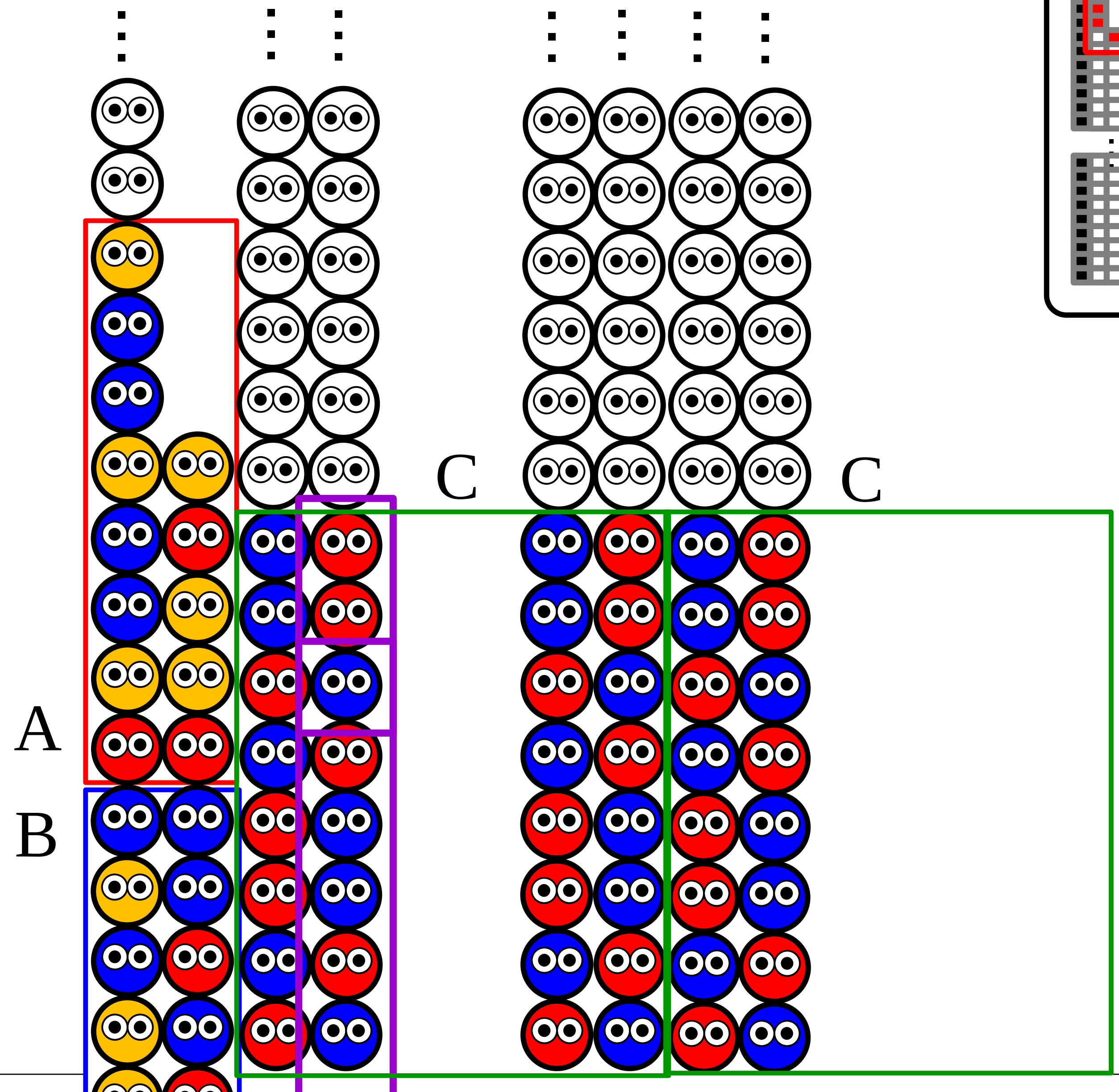


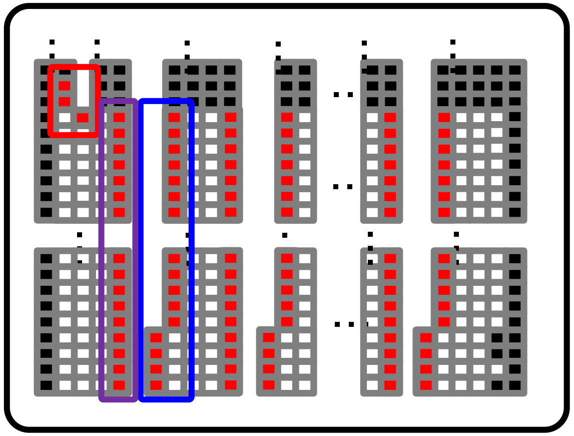
初期盤面で最初に消えるぷよを考える

□□□の候補がある

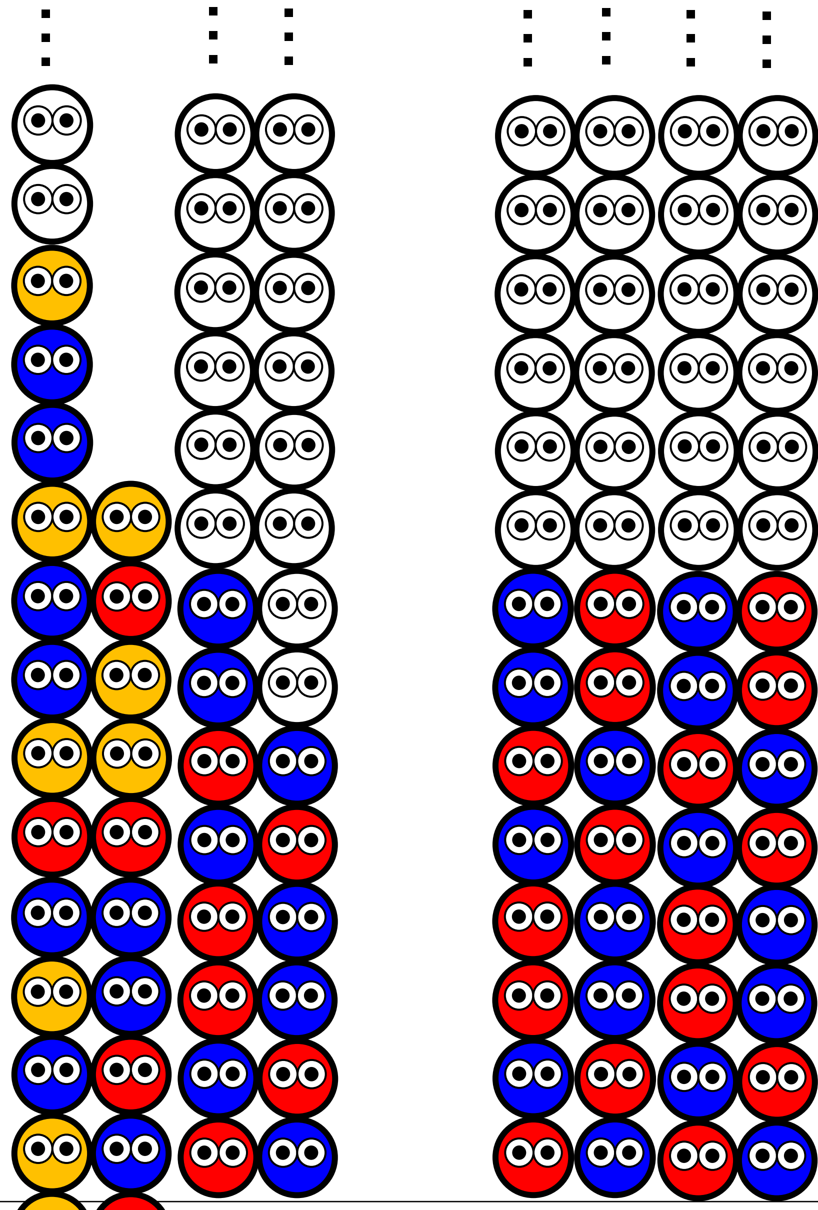
□のみ正当に消せる

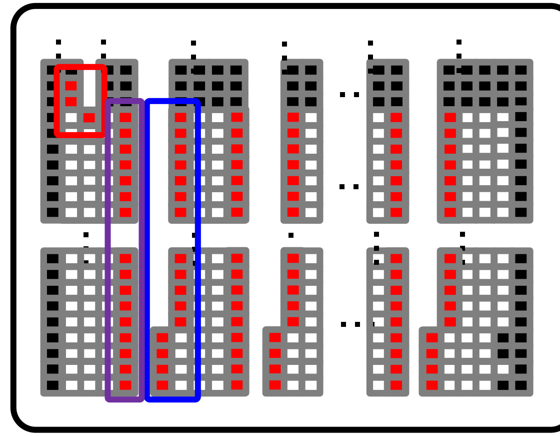
□を最初に消す場合





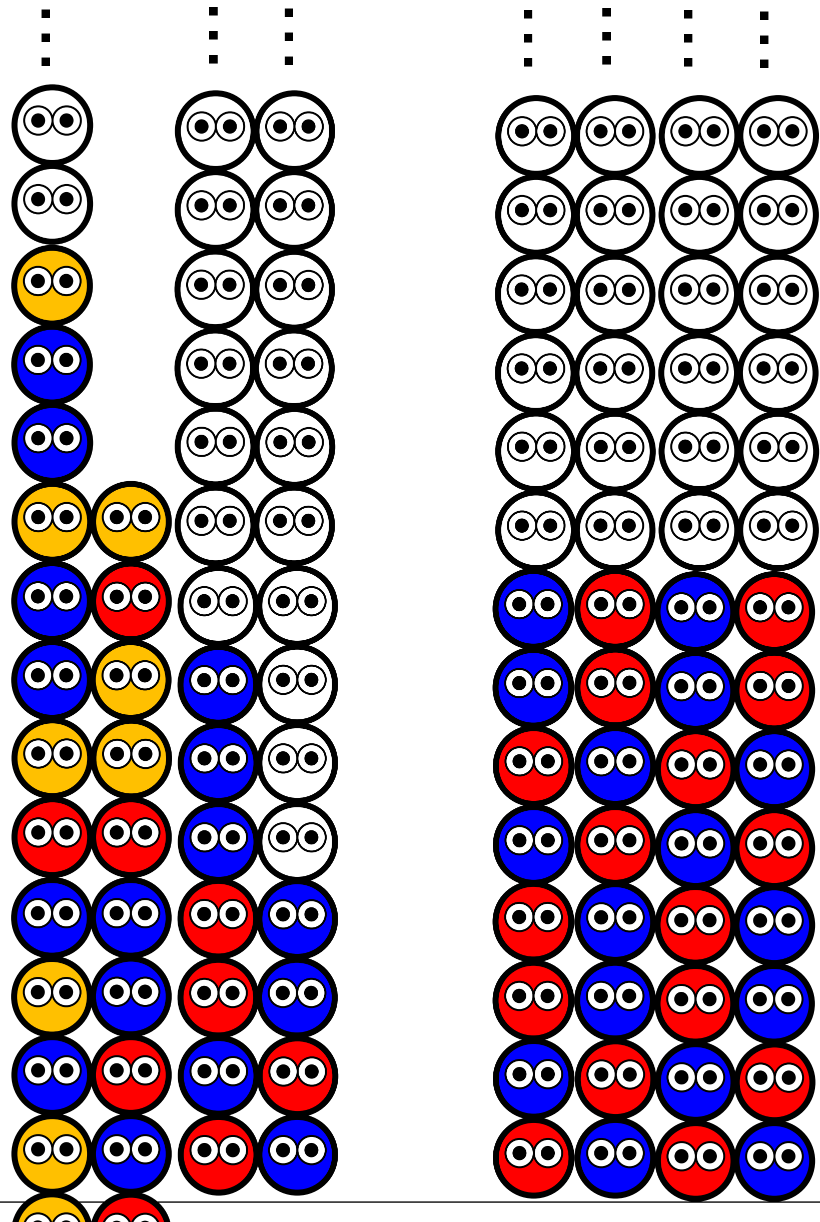
□を最初に消す場合

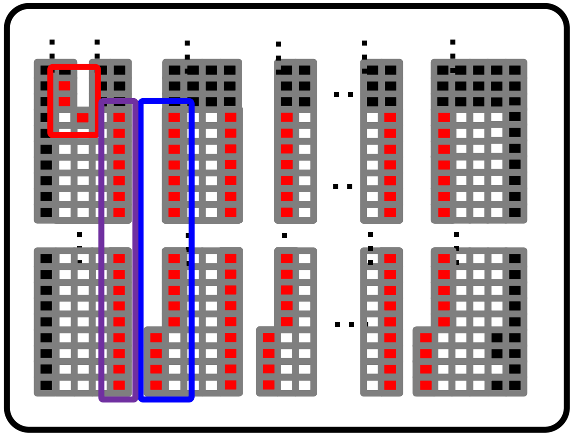




おじゃまぷよが落ちて正当な連鎖にならない

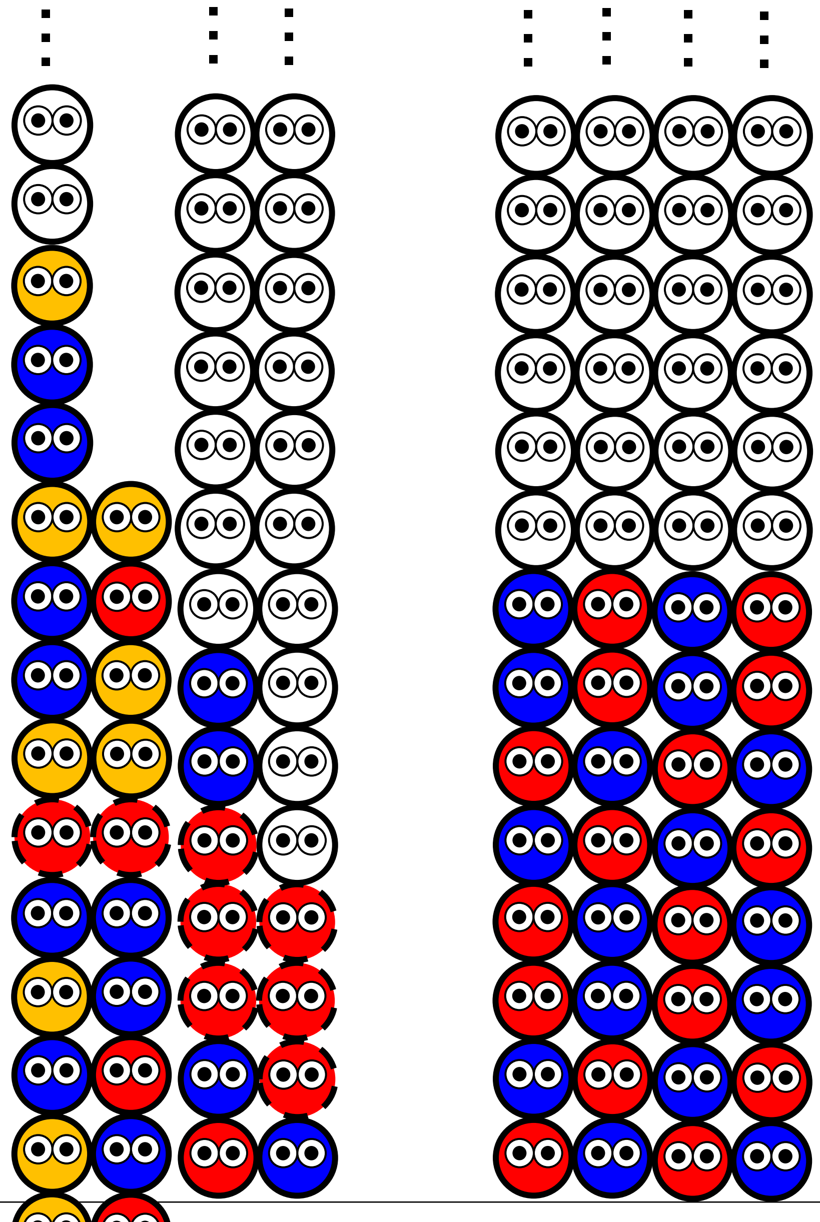
□を最初に消す場合

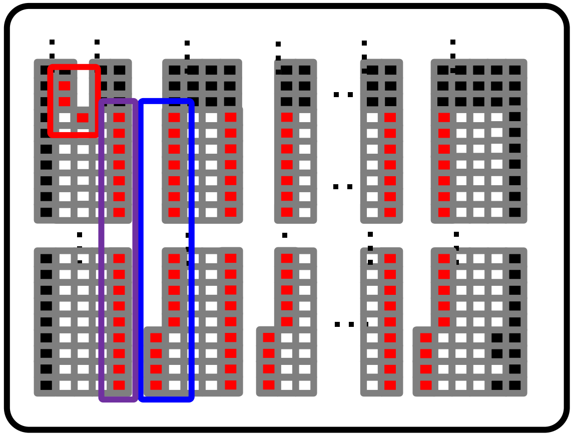




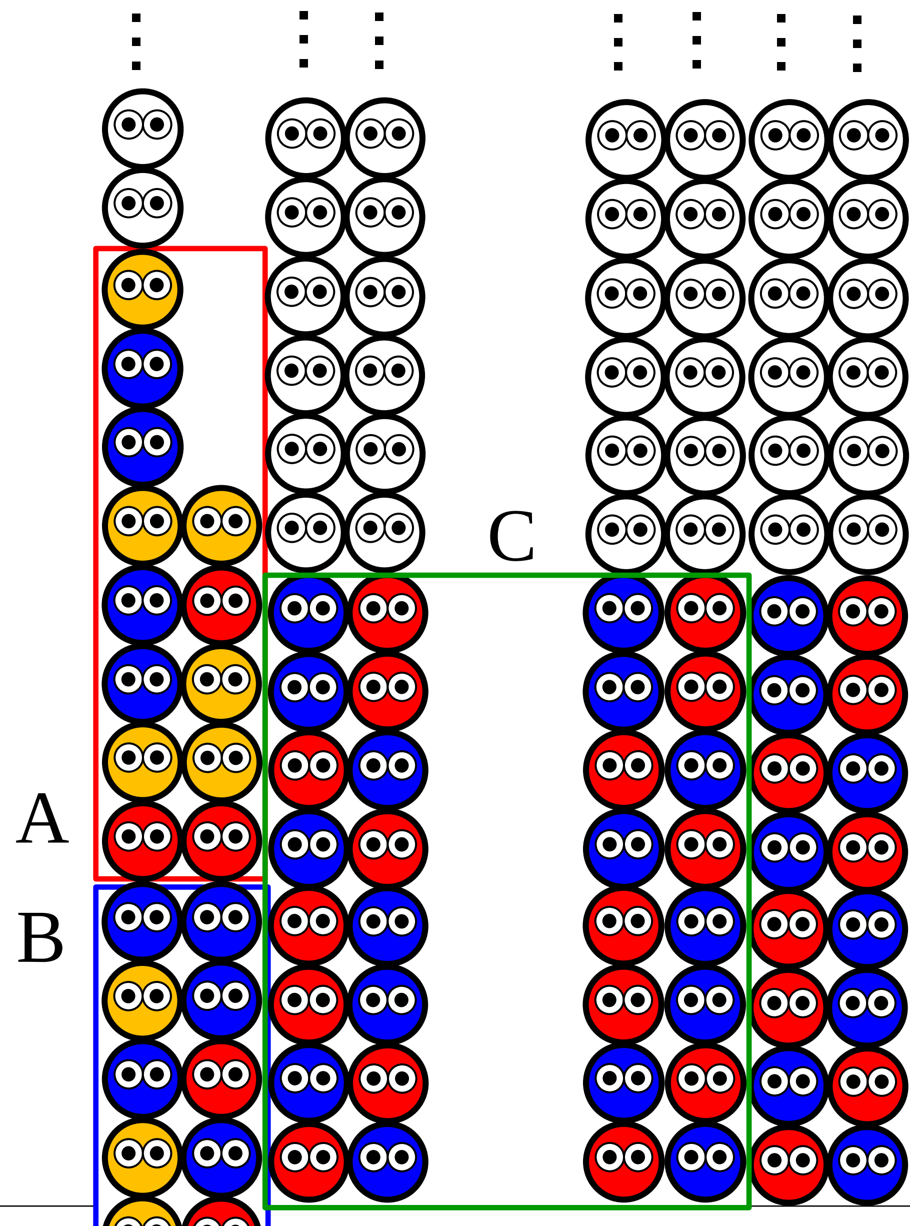
おじゃまぷよが落ちて正当な連鎖にならない

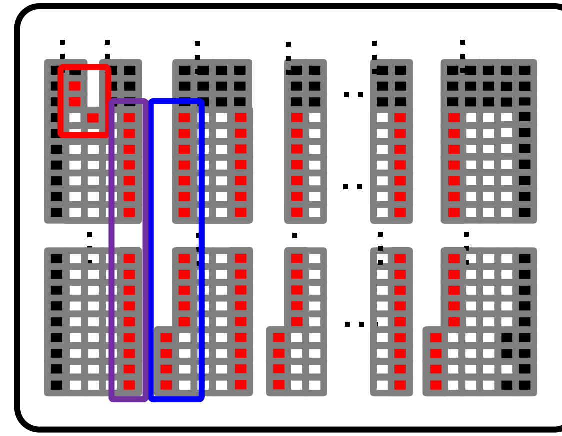
□を最初に消す場合





□を最初に消す場合

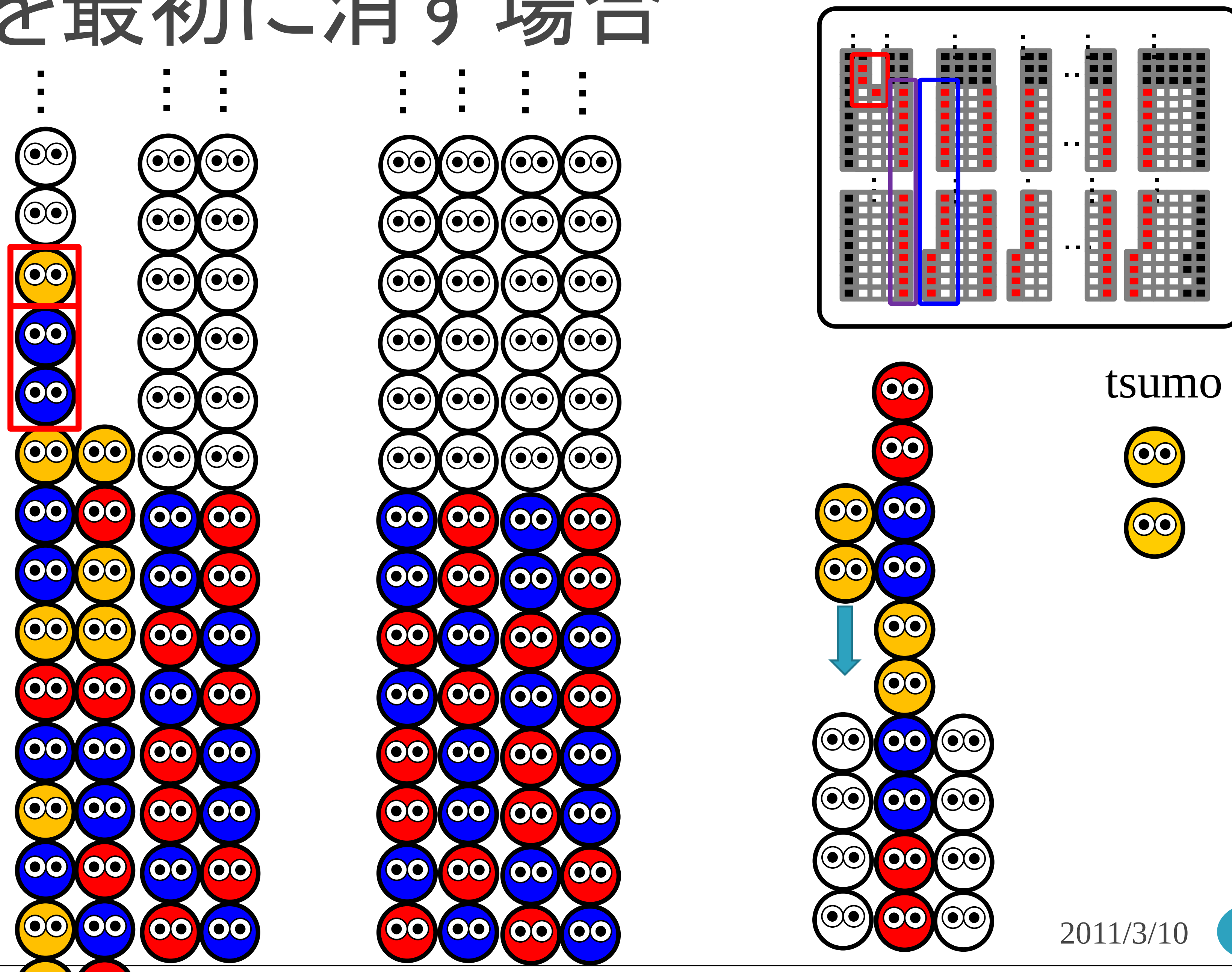




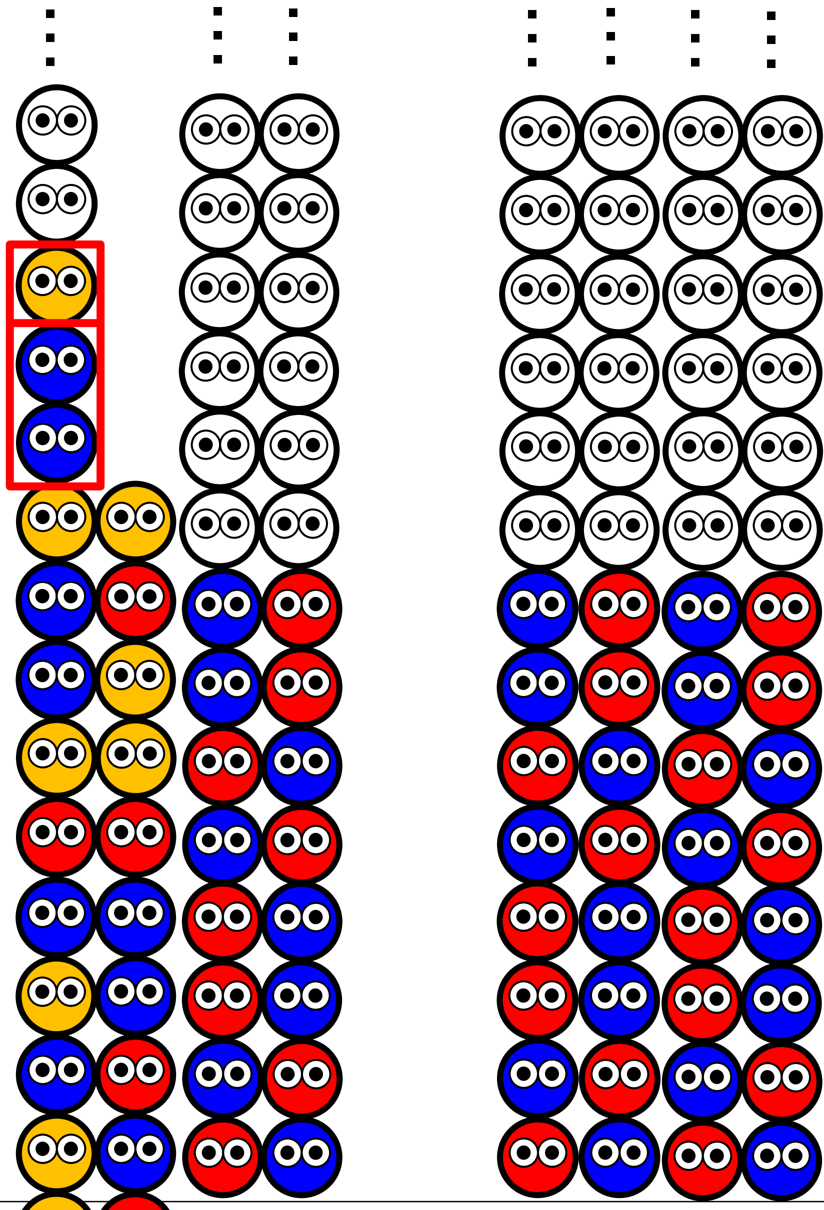
全てのぷよでk連鎖

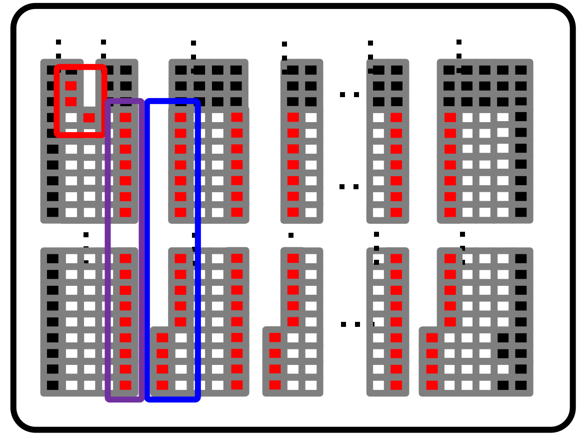
□ の後に □ を
消さなければならない

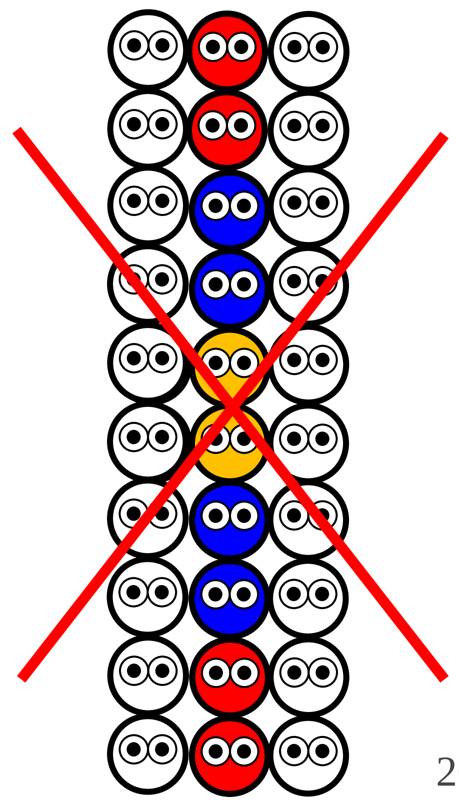
□を最初に消す場合



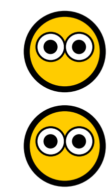
□を最初に消す場合



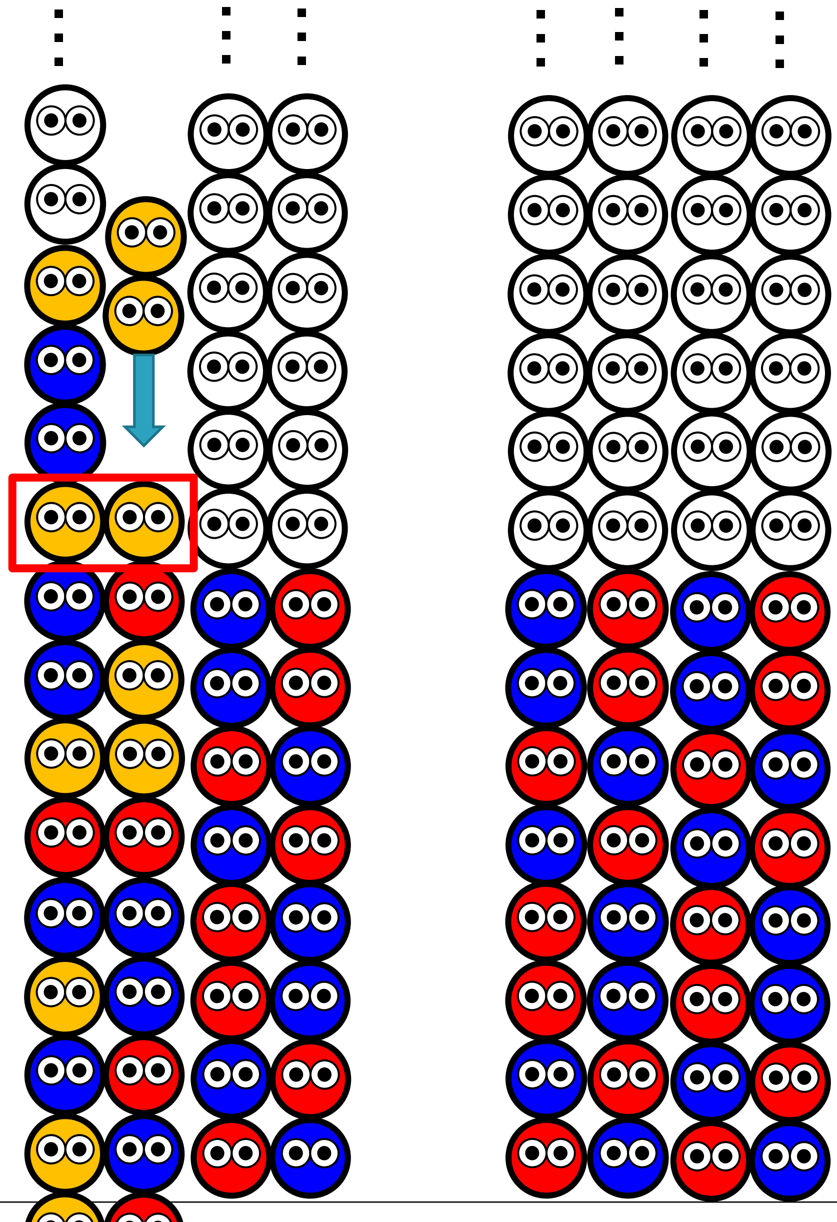


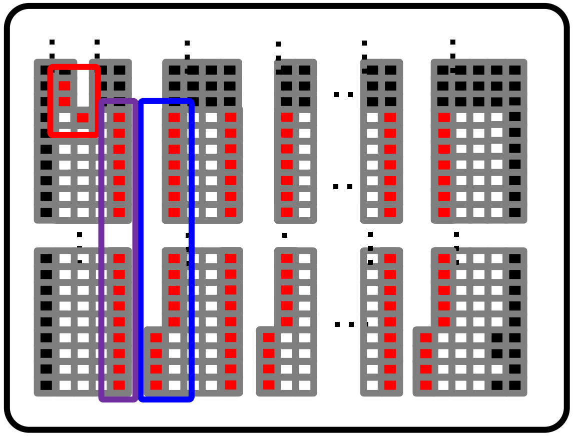


tsumo

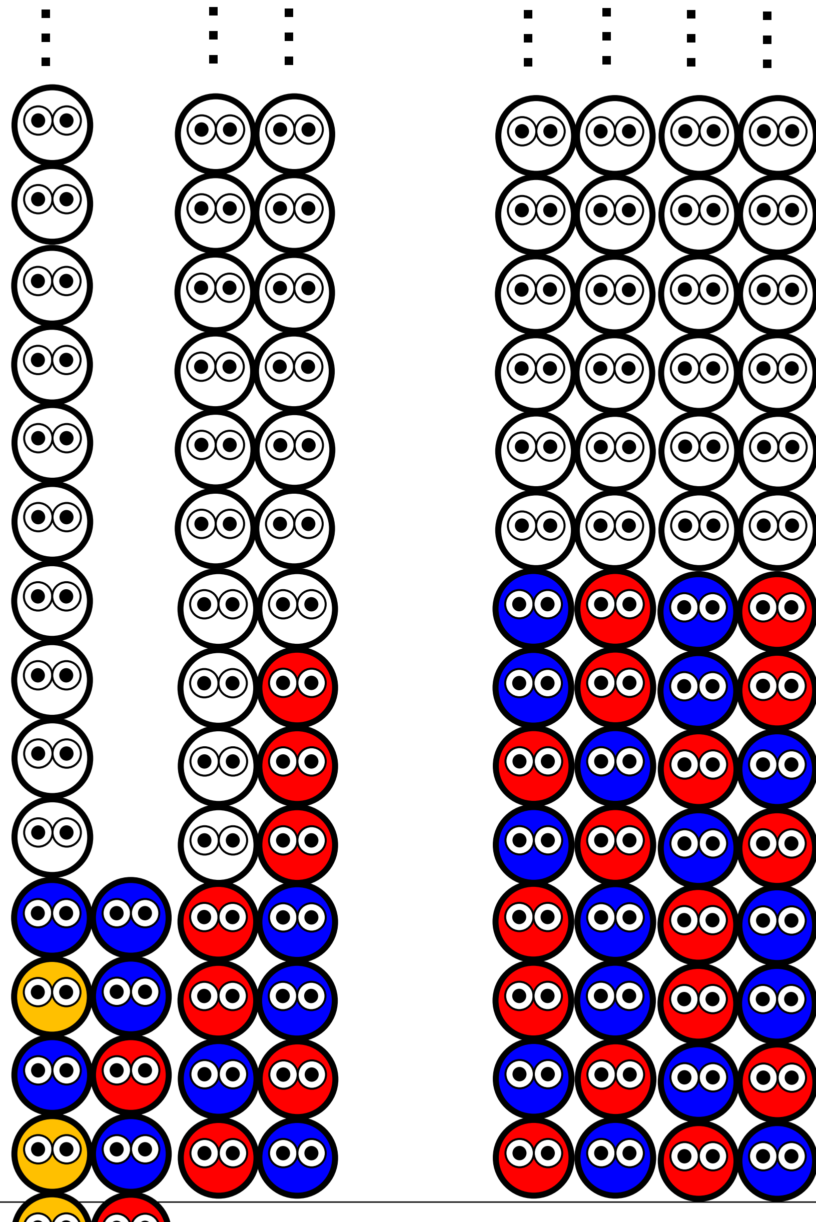


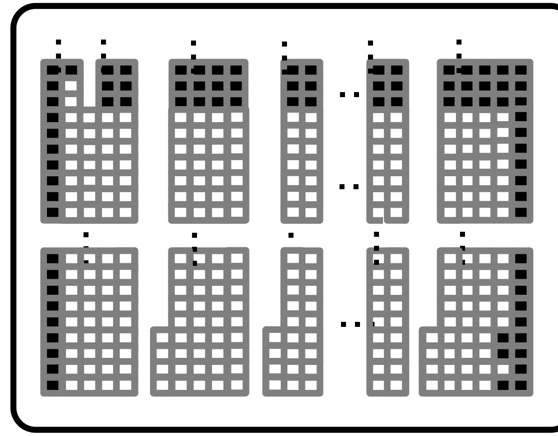
□を最初に消す場合





連鎖の流れ





証明の手順

開始点が定まる

流れが定まる

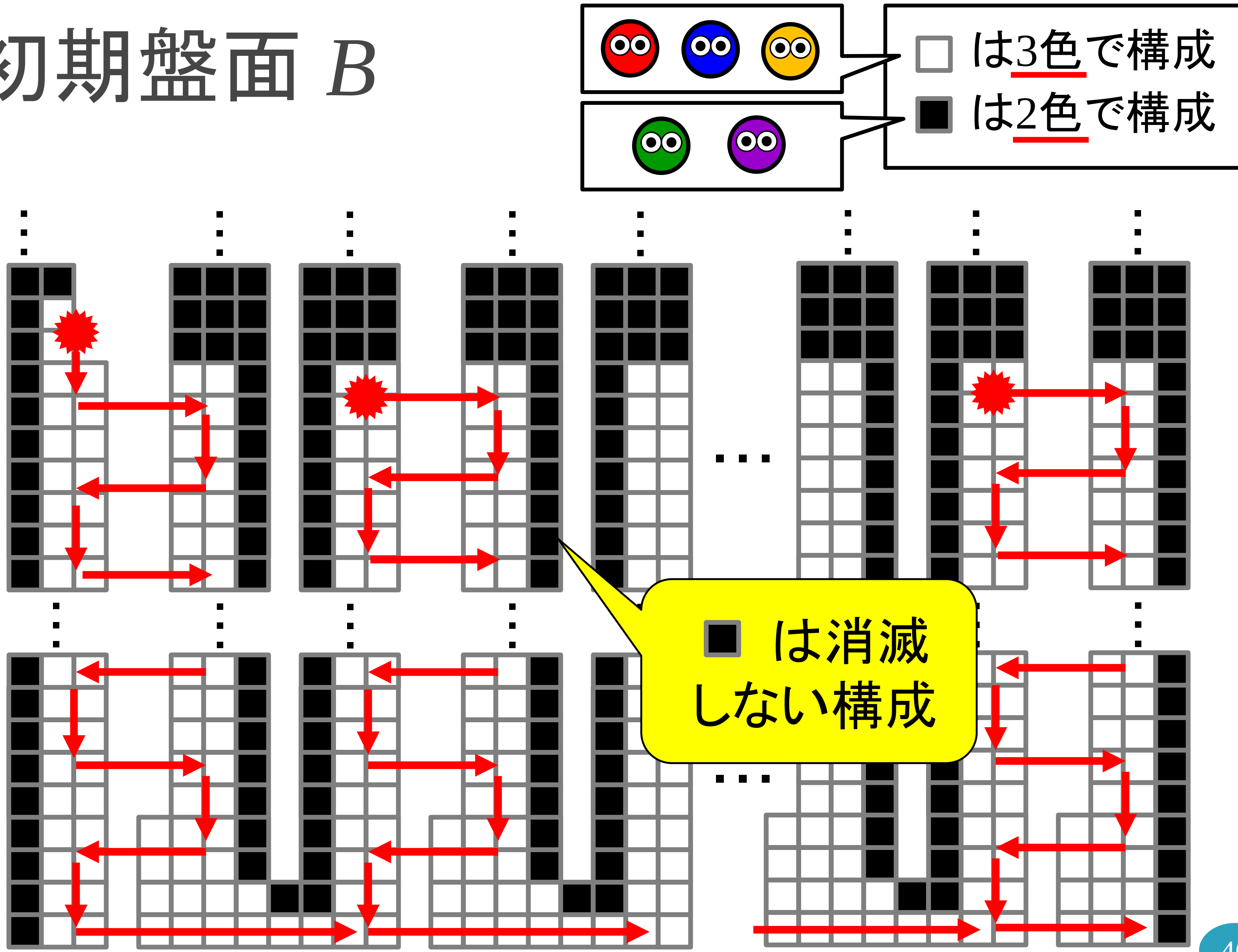
配置が定まる

埋め方が定まる

おじゃまぷよを使用しない5色での一般化ぷよぷよの連鎖数判定問題

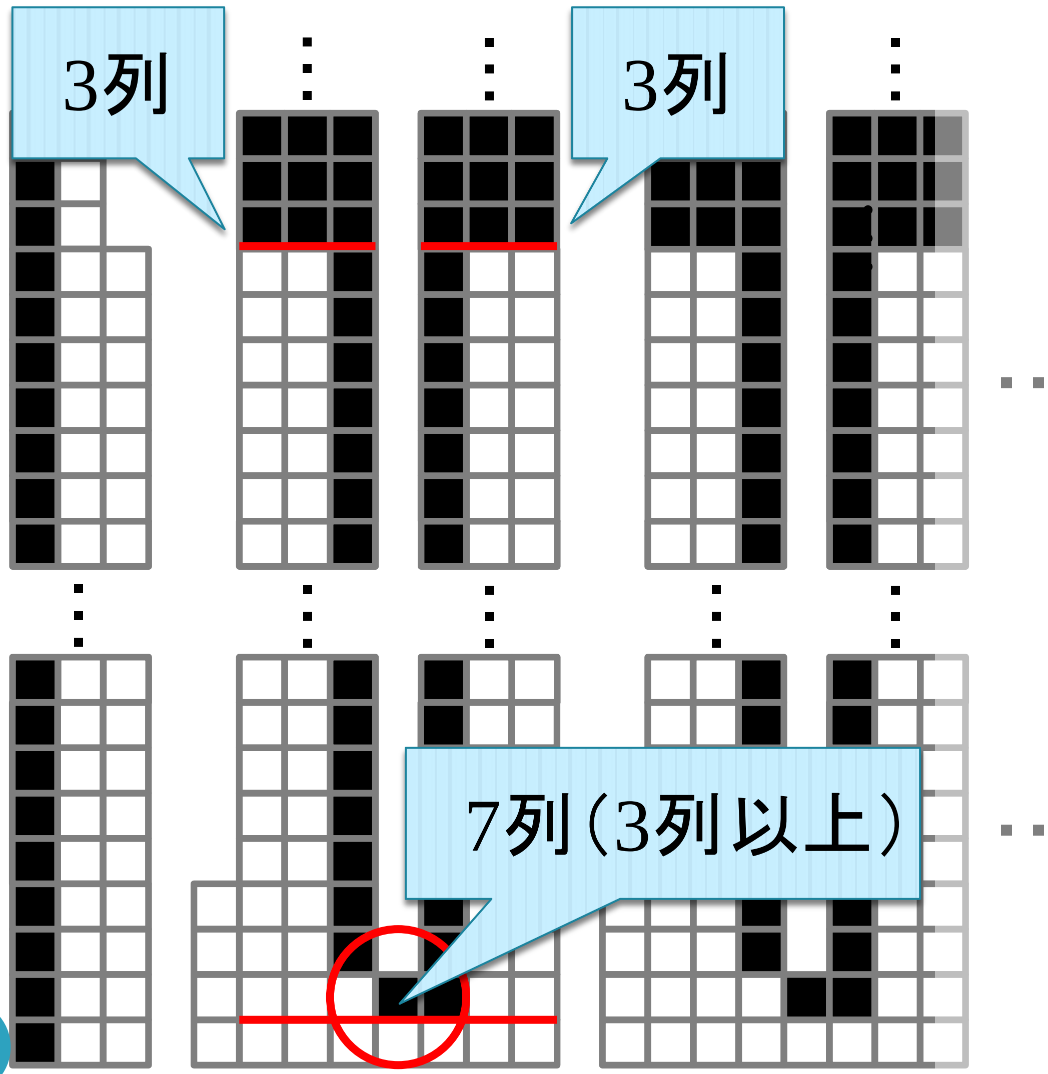
	1色	2色	3色	4色	5色	6色	7色	・・・
おじゃまぷよ 有	？	？	NP完全	NP完全	[松金，武永，2005]			
おじゃまぷよ 無	P	？	？	？	？	？	？	？

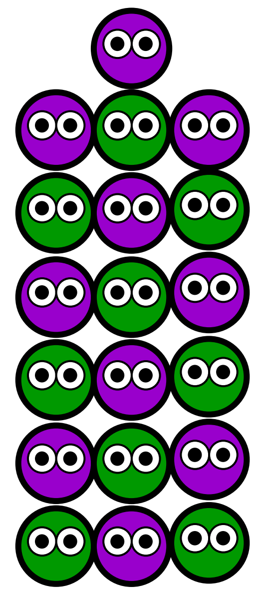
初期盤面 *B*



2色で消滅しない構成

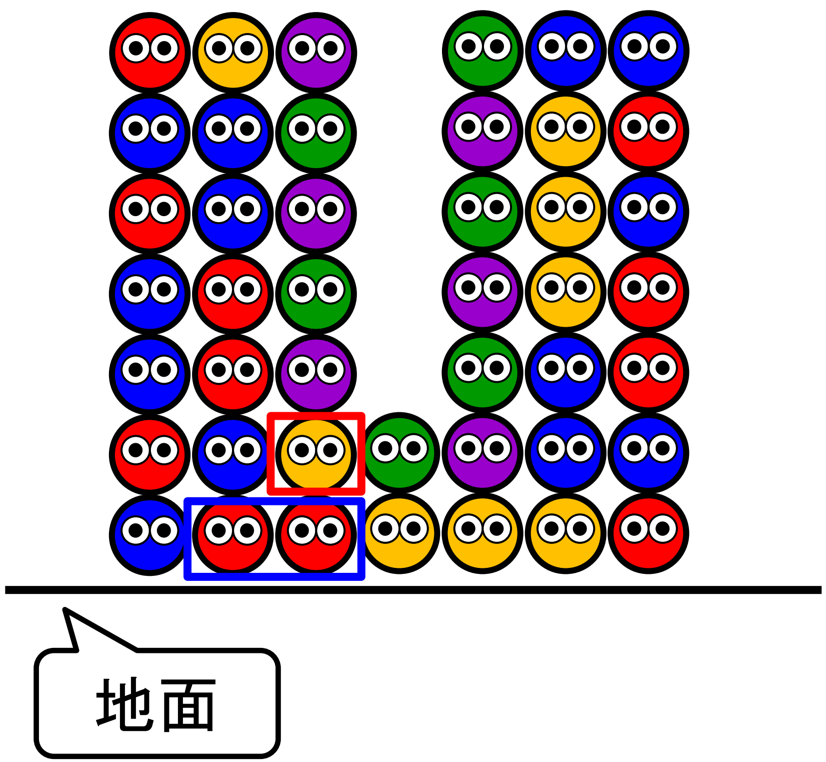
□ は3色で構成
■ は2色で構成

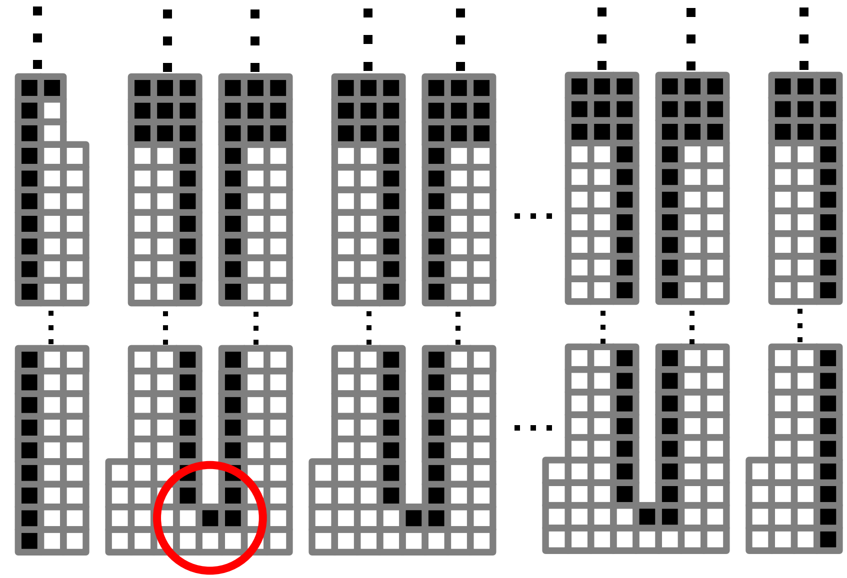




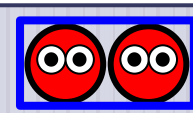
3列は絶対消えない

2色で消滅しない構成



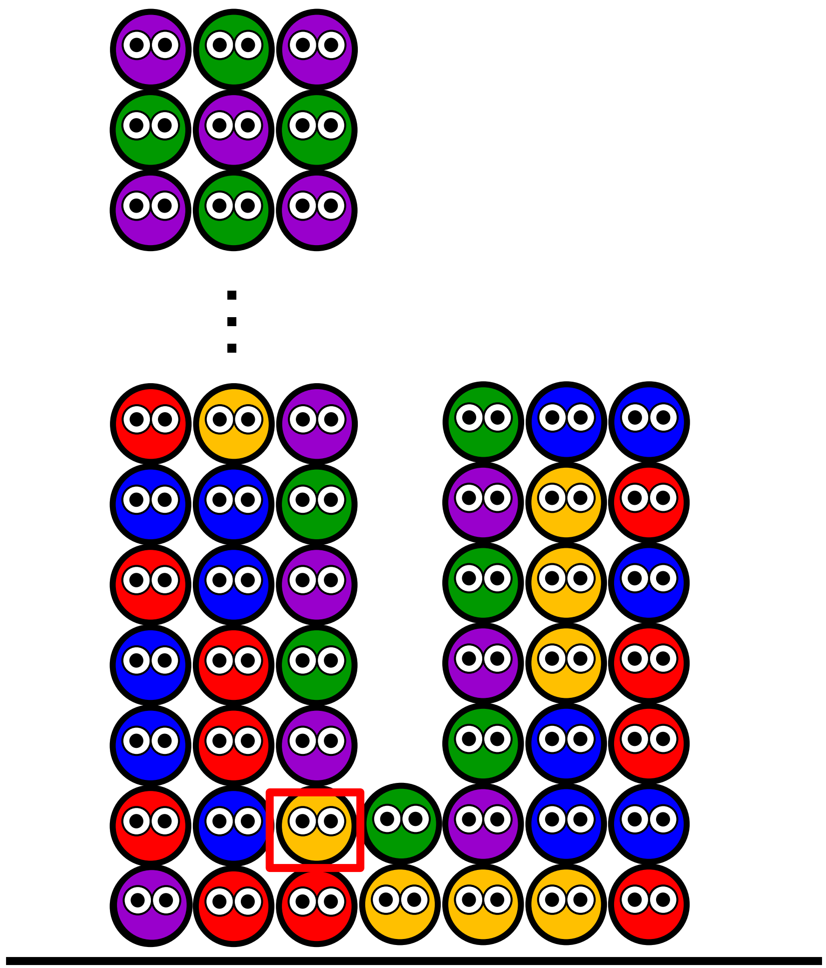


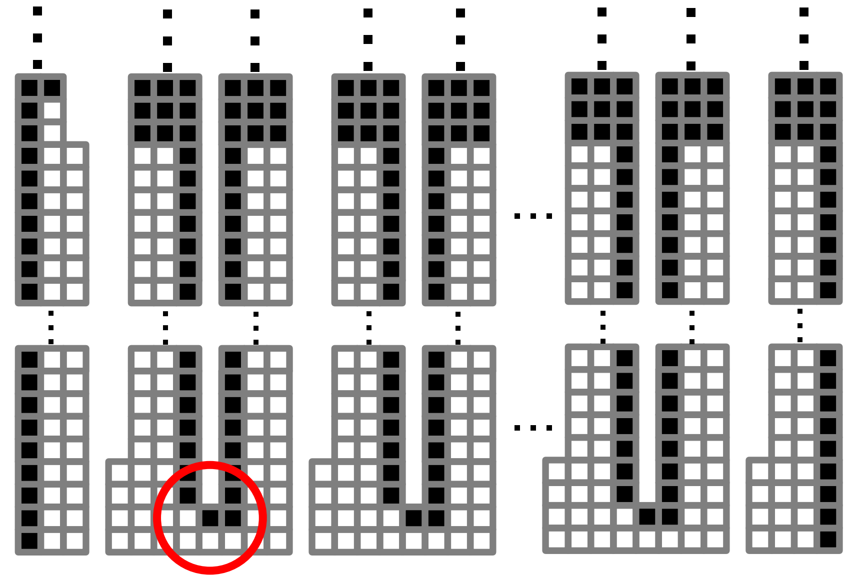
 が先に消える場合

 が先に消える場合

2色で消滅しない構成

が先に消える場合

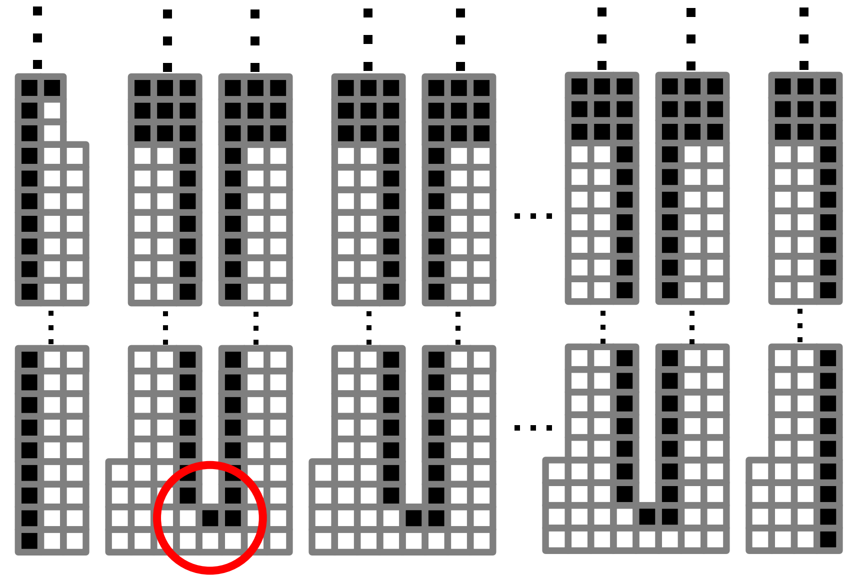


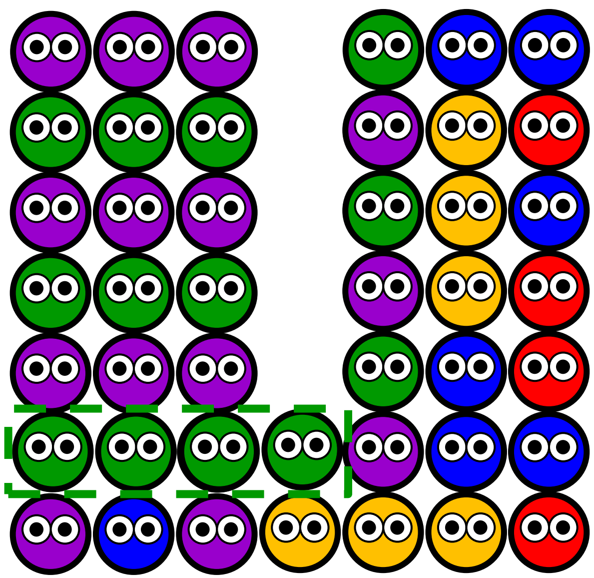


2列目で**緑**が揃う可能性

2色で消滅しない構成

 が先に消える場合



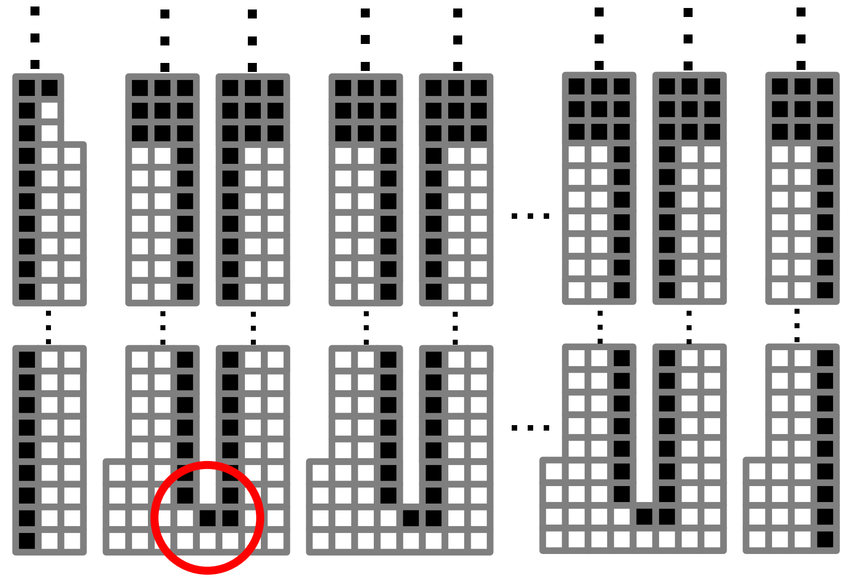


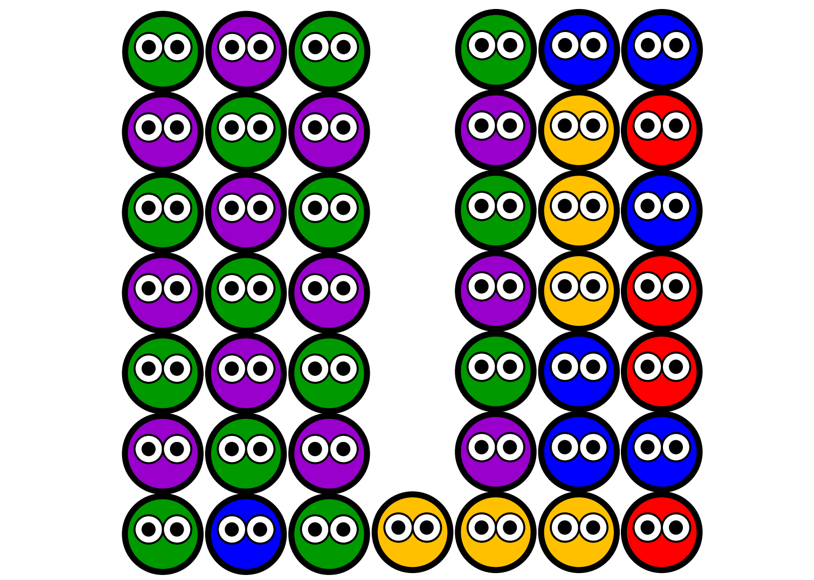
2列目で緑が揃う可能性

緑が揃ったと仮定

2色で消滅しない構成

 が先に消える場合



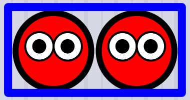


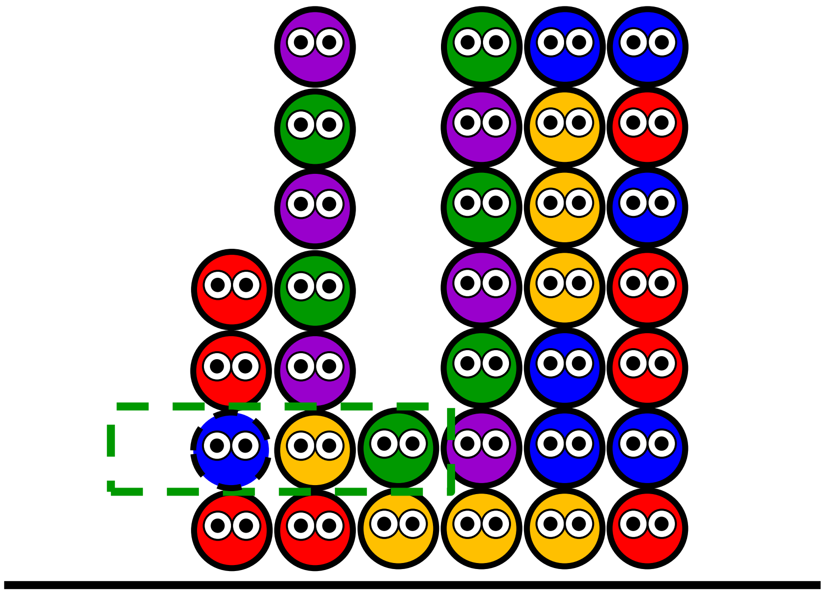
2列目で**緑**が揃う可能性

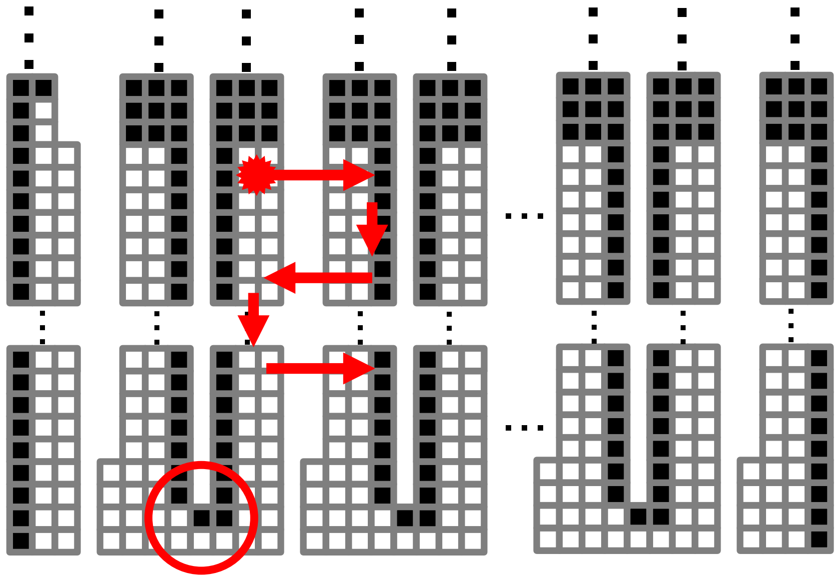
緑が揃ったと仮定

連鎖は止まる

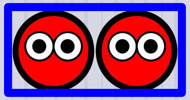
2色で消滅しない構成

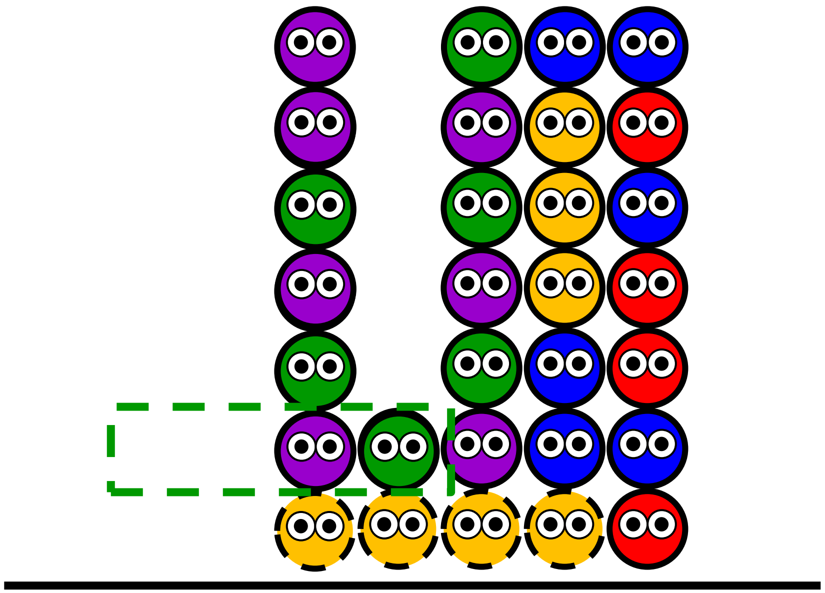

が先に消える場合

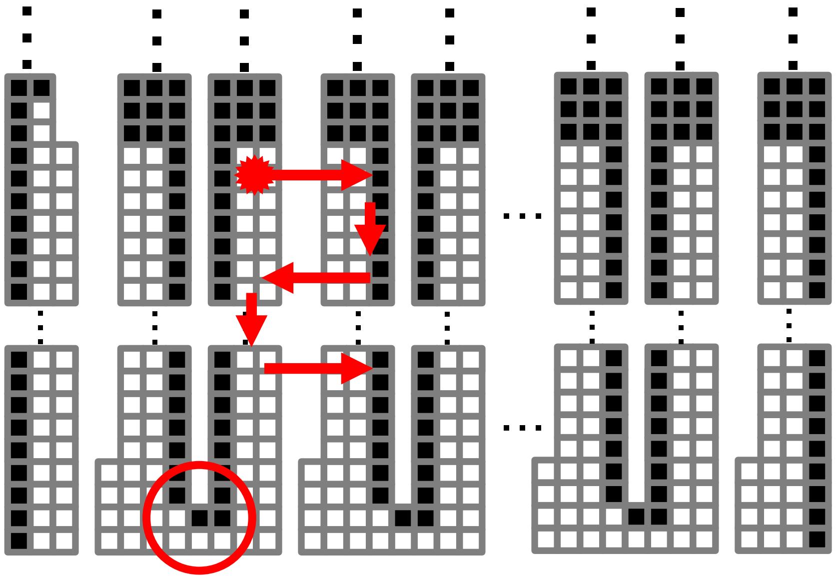




2色で消滅しない構成

が先に消える場合

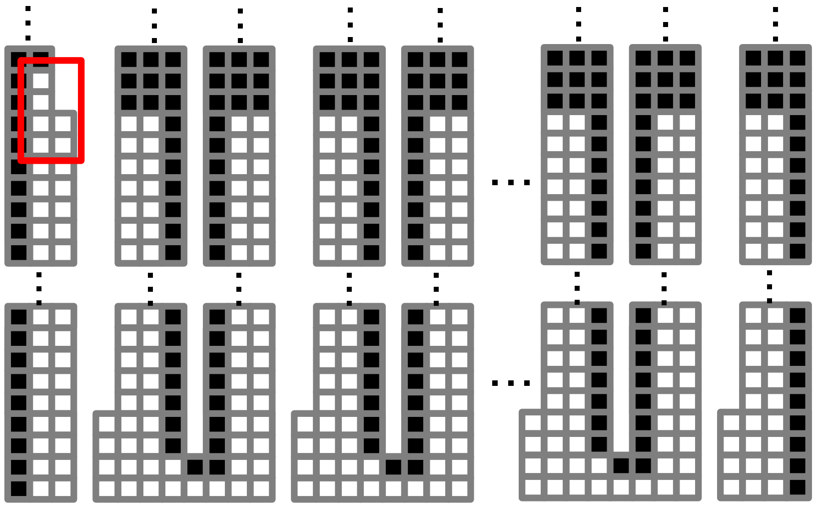


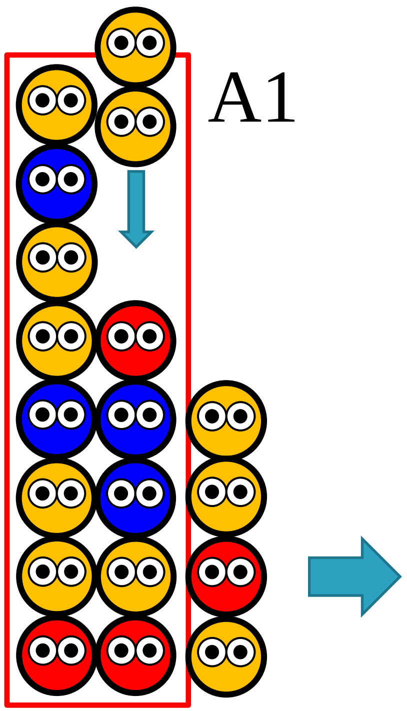


緑と紫が交互になるので
正当な連鎖

各部分の構成

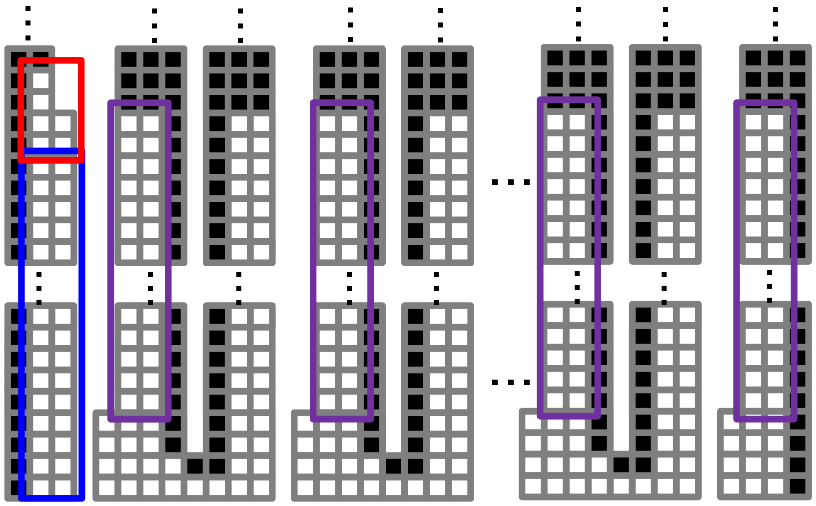
3色おじゃま有りとの違い

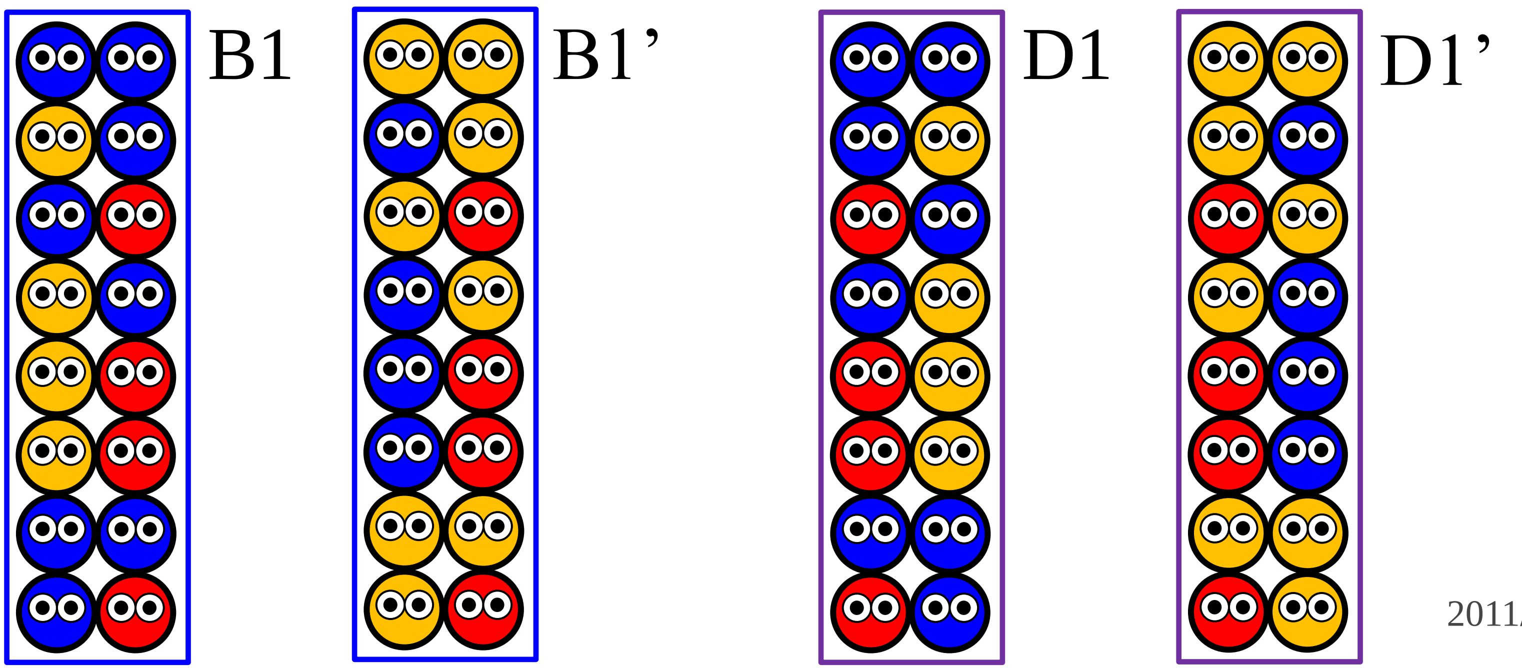




各部分の構成

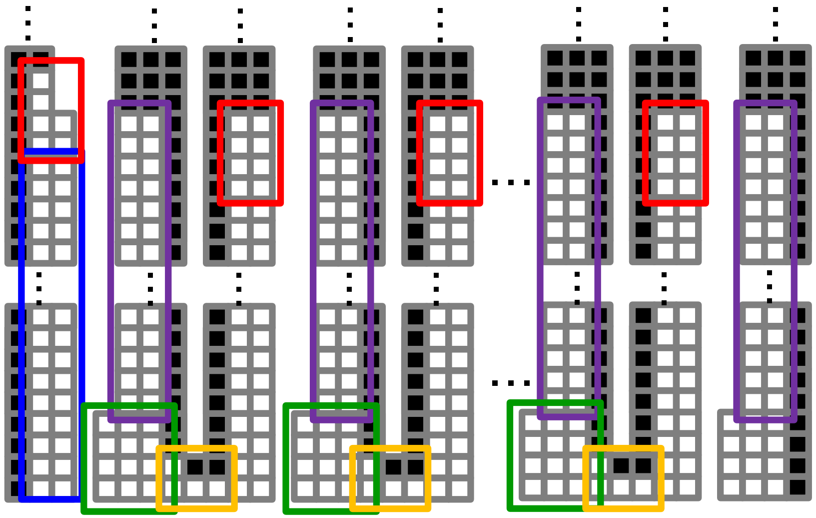
3色おじゃま有りとの違い

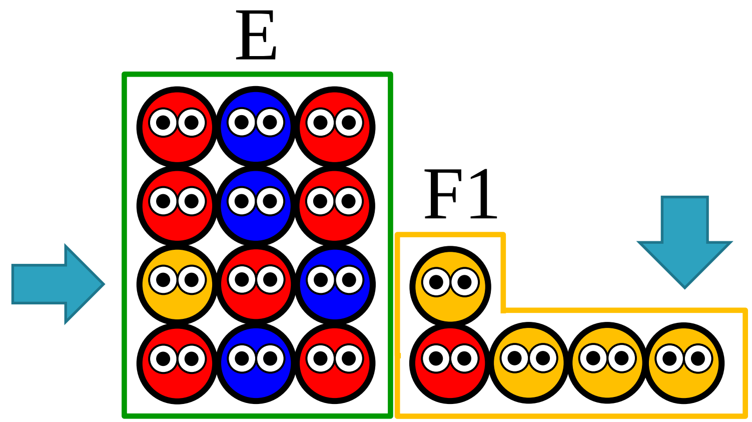


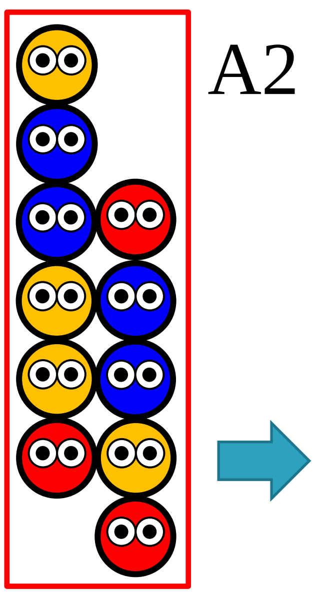


各部分の構成

3色おじゃま有りとの違い

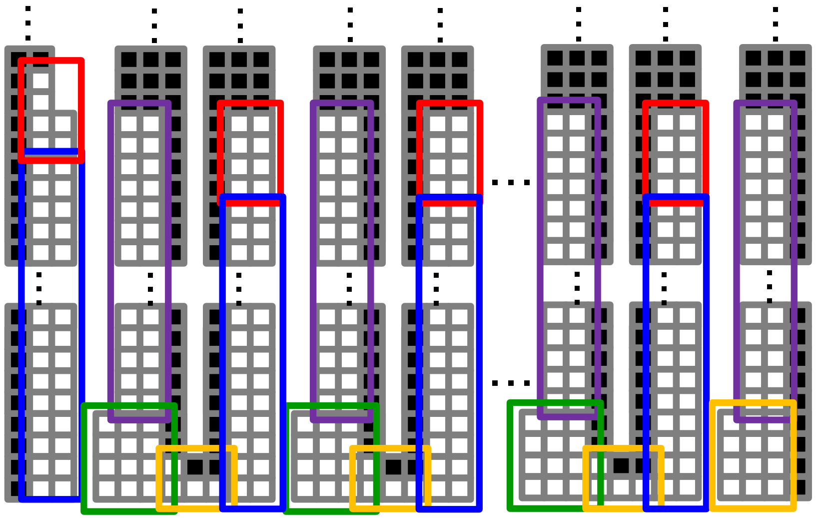




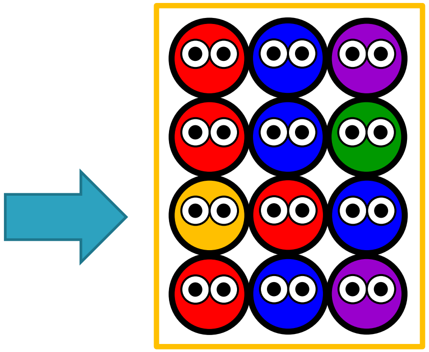


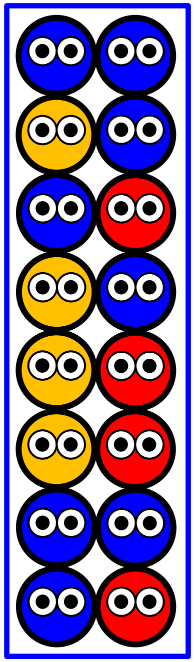
各部分の構成

3色おじゃま有りとの違い

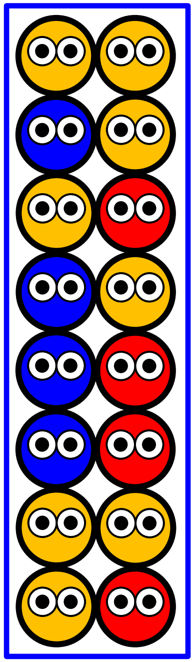


F'

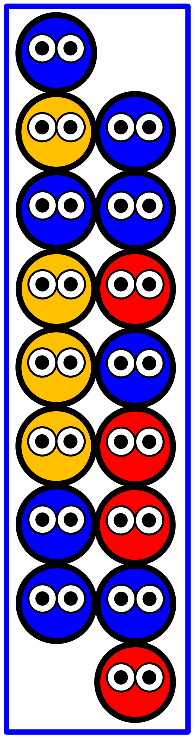




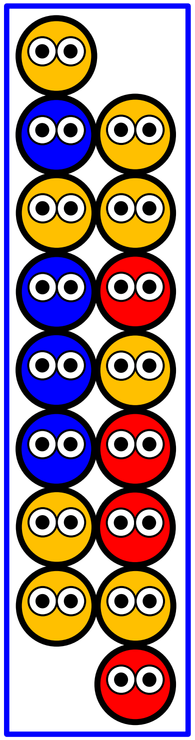
B1



B1'

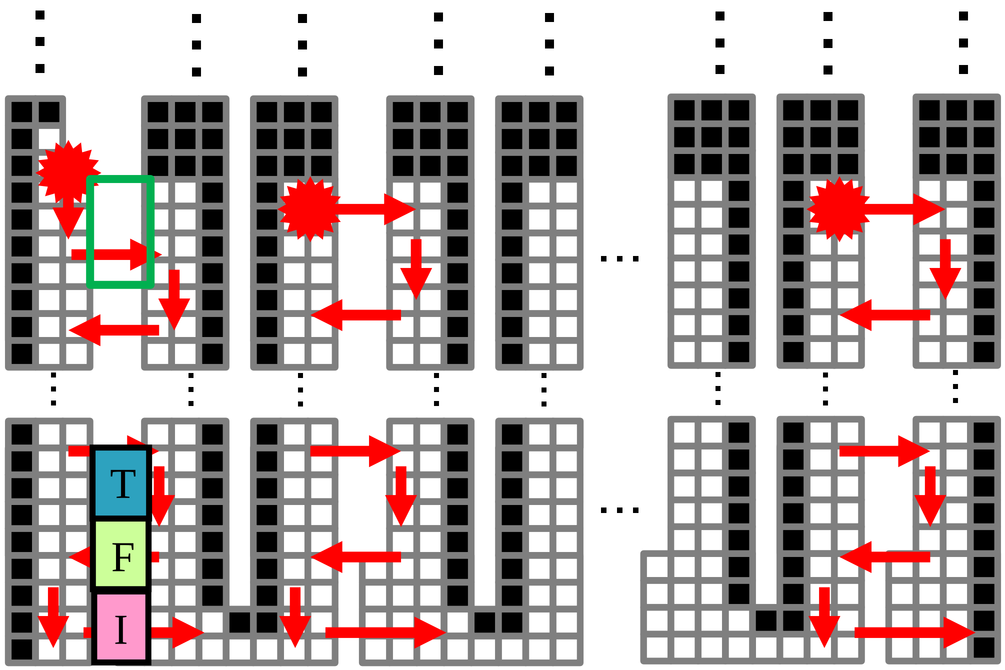


B2



B2'

証明：本問題 → 3PARTITION



証明の手順

開始点が定まる

流れが定まる

配置が定まる

埋め方が定まる

まとめと今後の課題

	1色	2色	3色	4色	5色	6色	7色	・・・
おじゃまぷよ 有	？	？	NP完全	NP完全	［松金，武永，2005］			
おじゃまぷよ 無	P	？	？	？	NP完全	NP完全	NP完全	NP完全

- おじゃまぷよを使用した場合
  - 色数の制限を2色以下にする
- おじゃまぷよを使用しない場合
  - 色数の制限を4色以下にする