

# タイルの配置形状を緩和した Tantrix MatchのNP完全性

第8回 組合せゲーム・パズルミニ研究集会

大阪電気通信大学大学院 柳谷 不比等

大阪電気通信大学 小林 嗣東

大阪電気通信大学大学院 上嶋 章宏

# 研究背景と目的

## Tantrix<sup>®</sup> のタイルについて

[Colour of Strategy Ltd.]



路の組み合わせが4種類

路の色が4種類

全56種類

12種



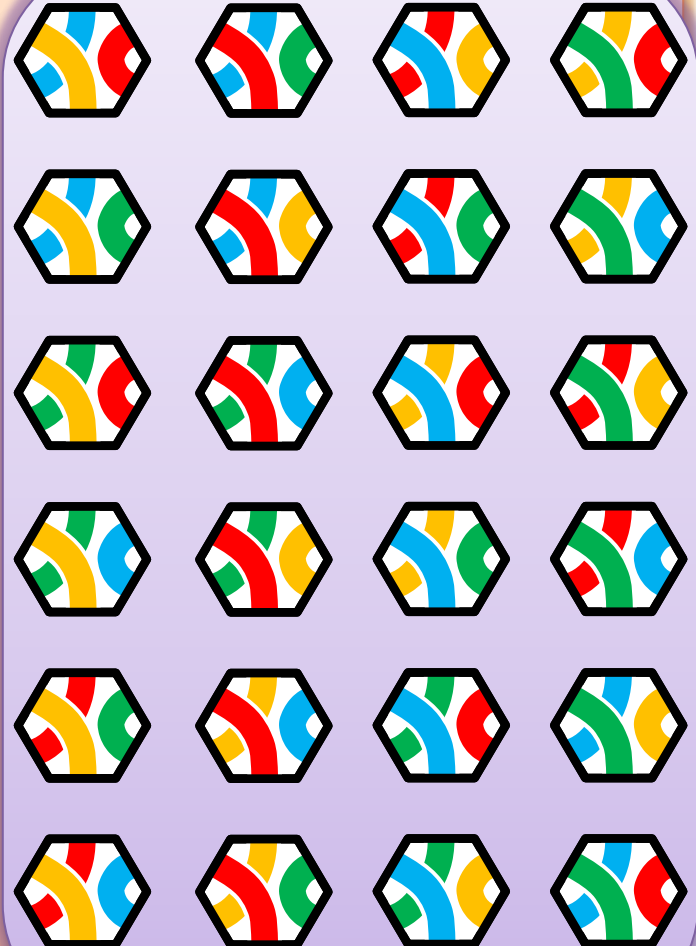
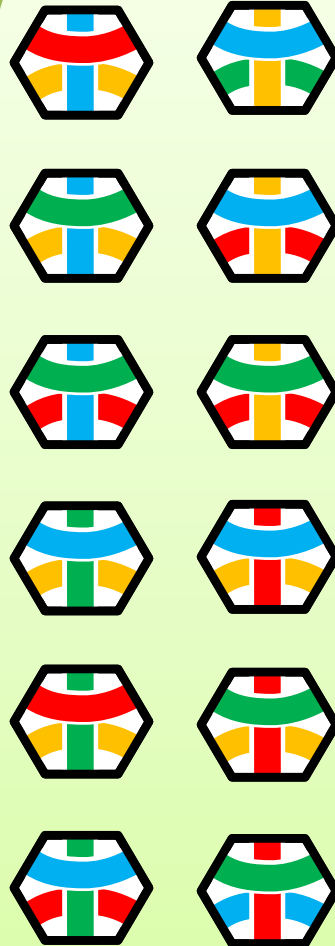
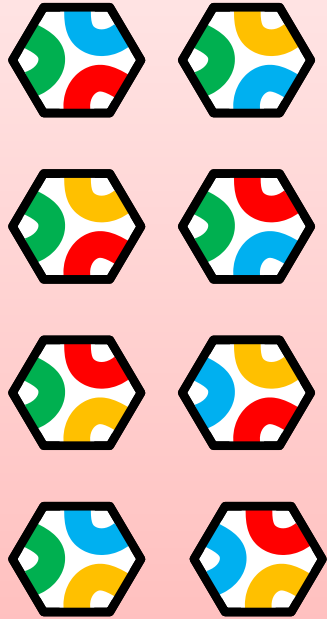
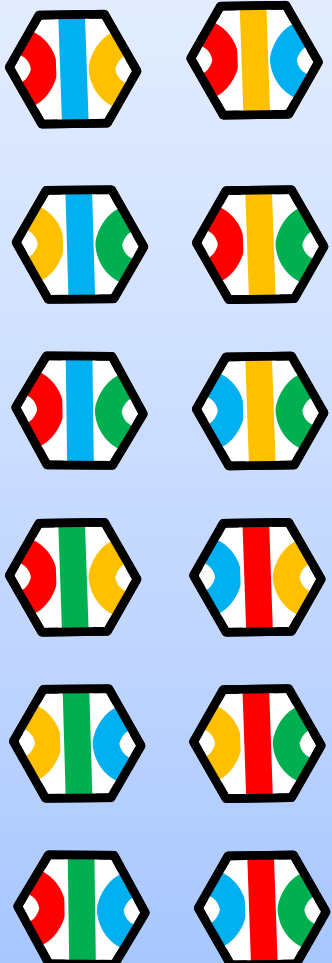
8種



12種







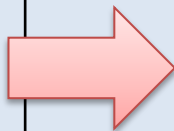


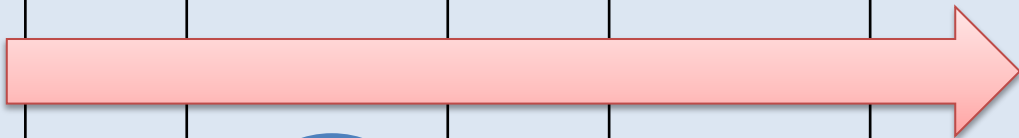

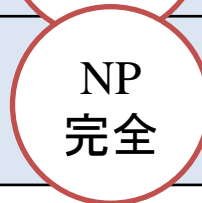
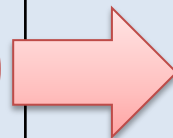
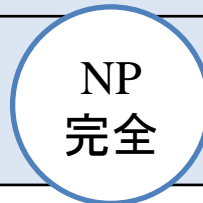



24種



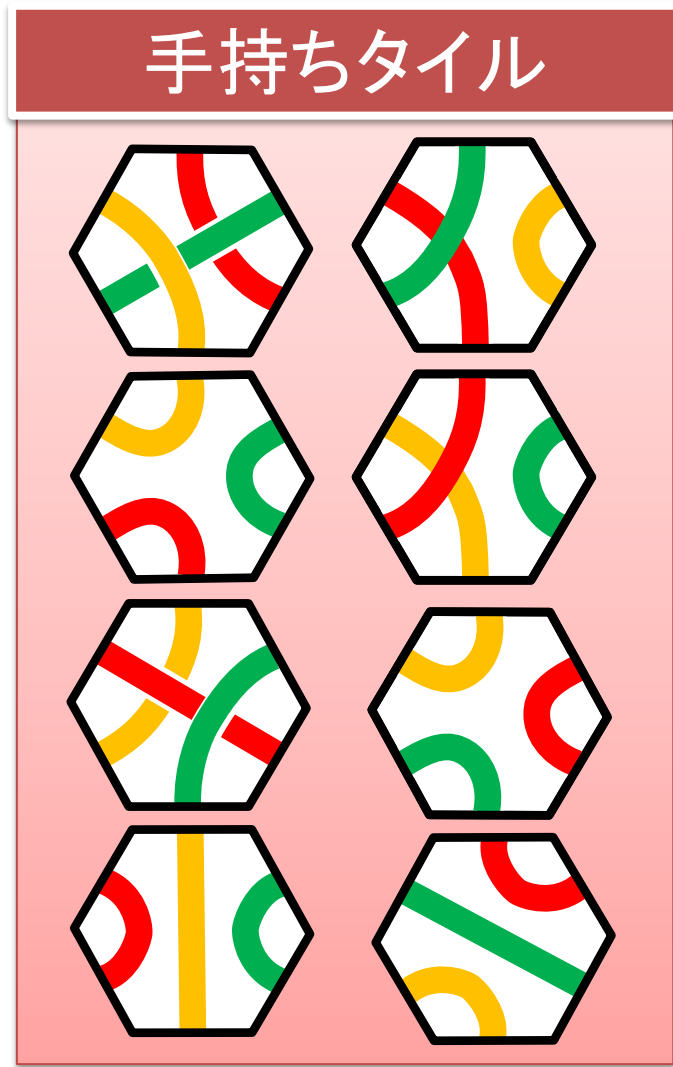
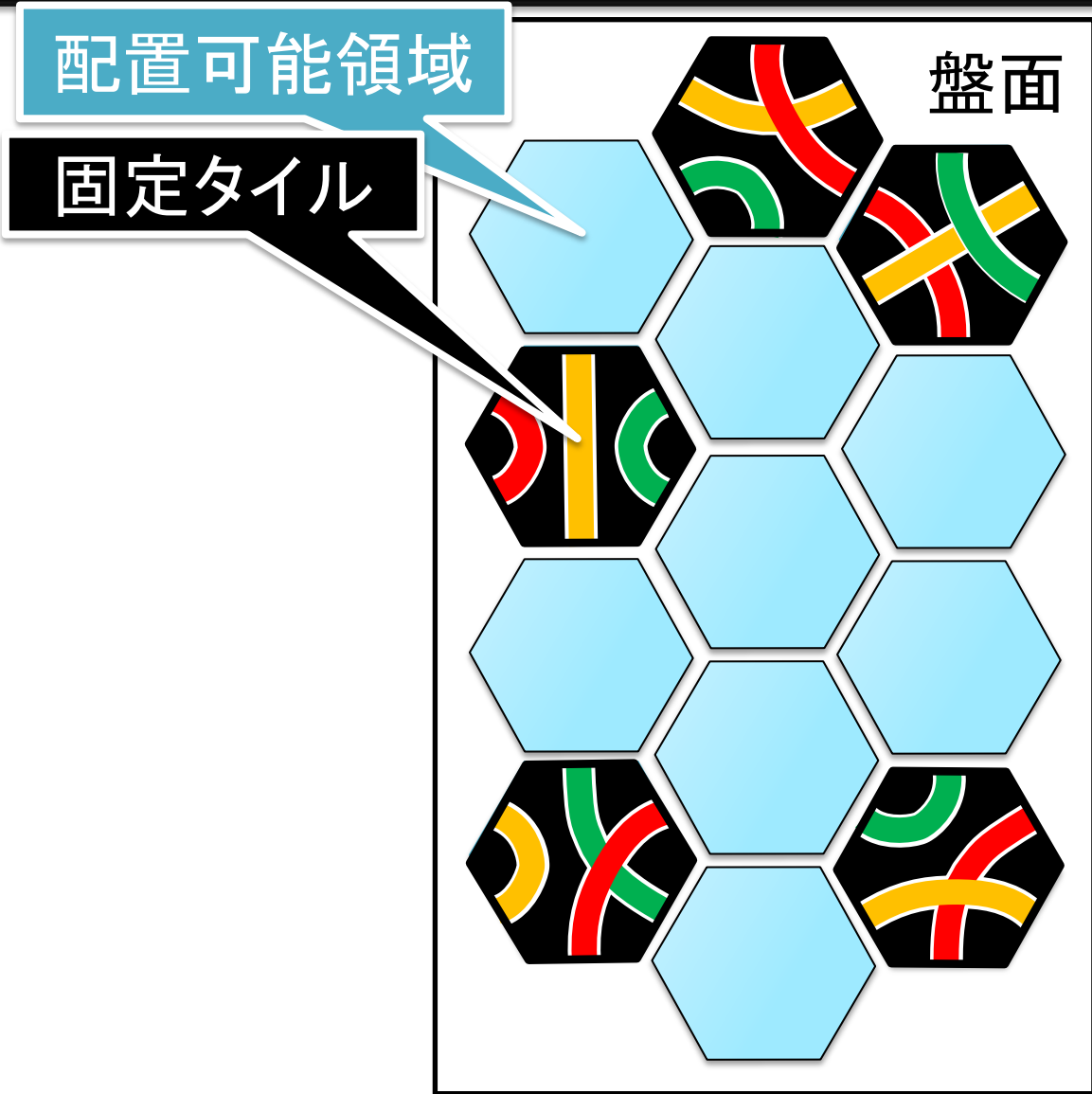
# 研究背景と目的

## 一般化Tantrix Matchの計算複雑さ

路 \ タイル	...	 × 10	...	 × 13	...	 × 17	...
	?	?	?	?	?	?	?
	?	?	?	?	?		
	?						
	?						

[Uejima et al., 2013]

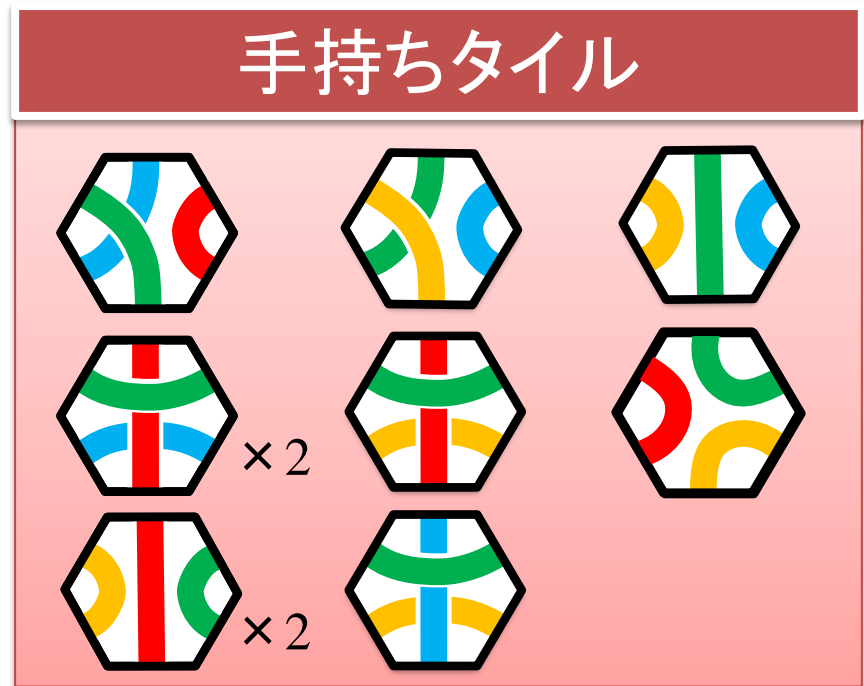
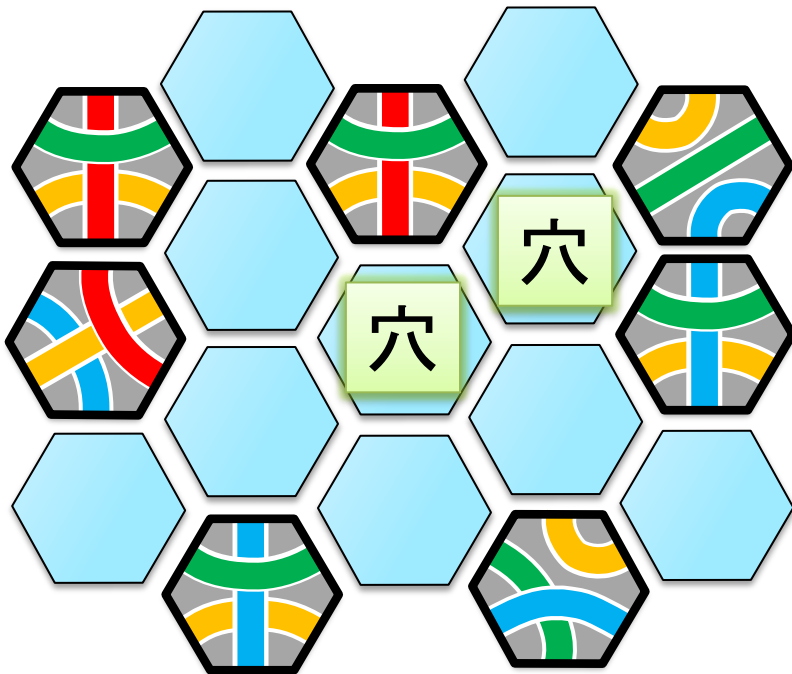
# Tantrix Matchのルール



# 穴を許した一般化Tantrix Matchの定義

入力: 固定タイル, 配置可能領域, 手持ちタイル

質問: ルールを満たす手持ちタイルの配置は可能か?

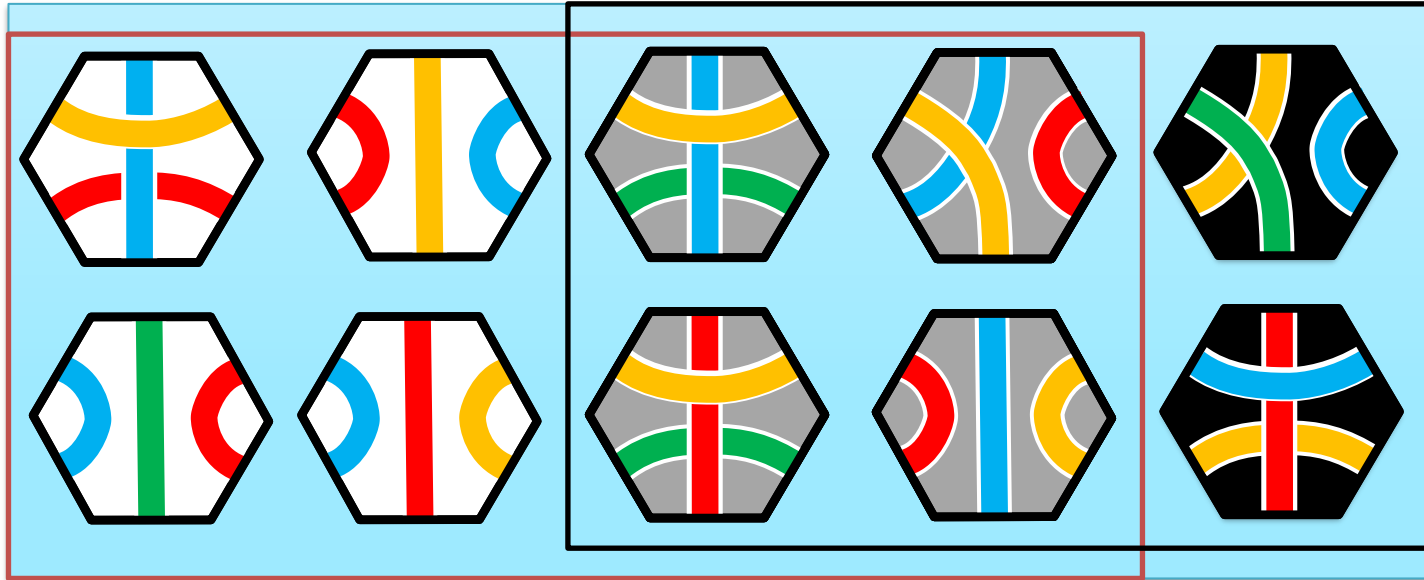


# NP完全の証明

手持タイ

使用タイル

固定タイル



I. 穴を許した一般化Tantrix Match  $\in$  NP

II. 既知のNP完全問題からの多項式時間還元

→ Circuit-SAT [S. Cook, 1971]

# Circuit-SAT [S. Cook, 1971.]

## 入力

$n$  個の入力変数と1つの出力  $f$  を持つ論理回路  $C$

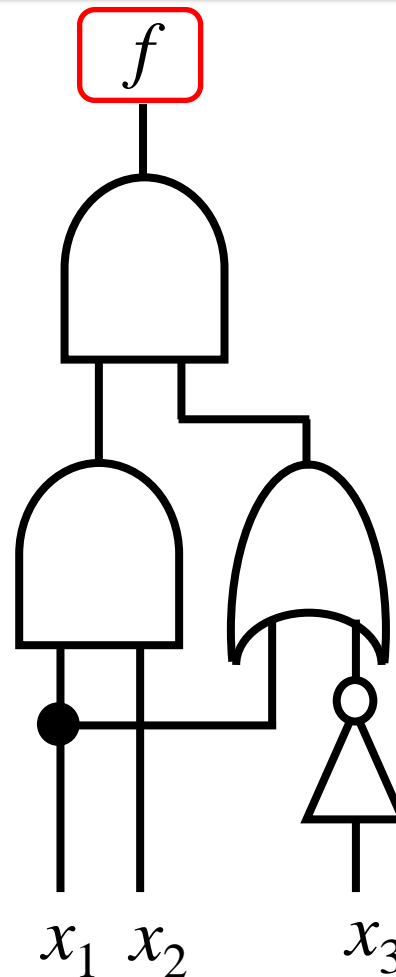
## 質問

出力  $f$  の値を1とするような、真偽値の割り当てが存在するか？

## 還元に必要な部品

入力部	出力部	ワイヤー部
AND部	NOT部	COPY部, 調整部
交差部, OR部		

## Circuit-SAT

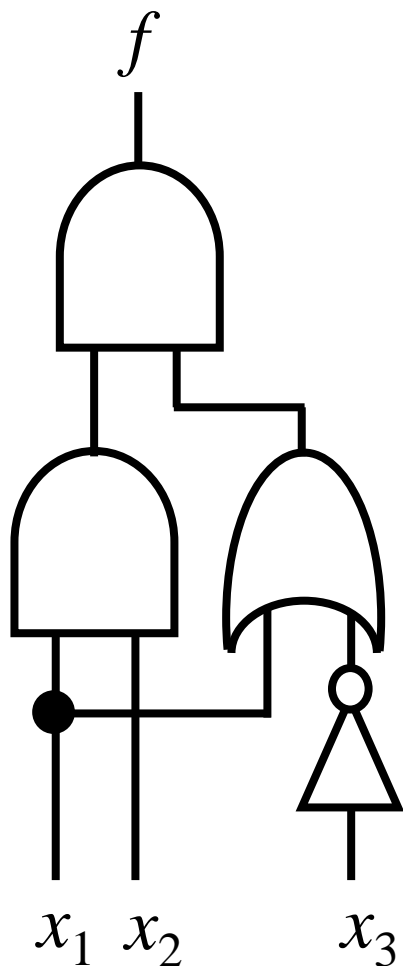


## 真理値表

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$f$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
:	:	:	:
1	1	0	1
:	:	:	:
1	1	1	1



# 穴の必要性について



穴がない場合

部品と部品の間を埋める必要がある

臨機応変に対応する部品が構成できない

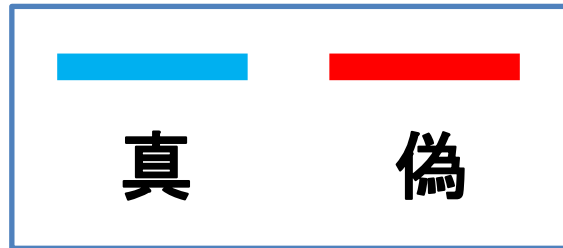
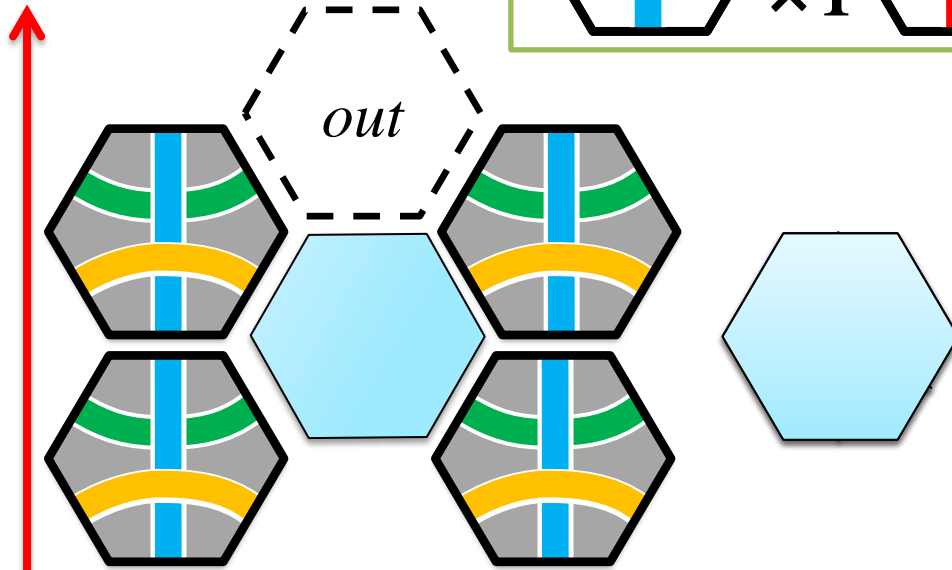
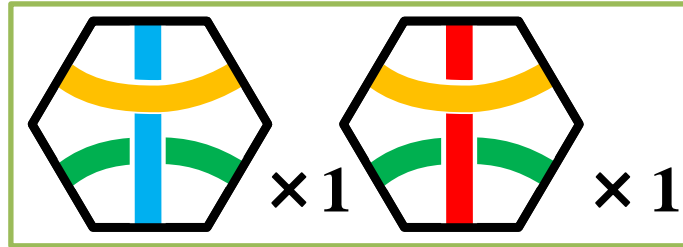


穴で配置制限を緩める

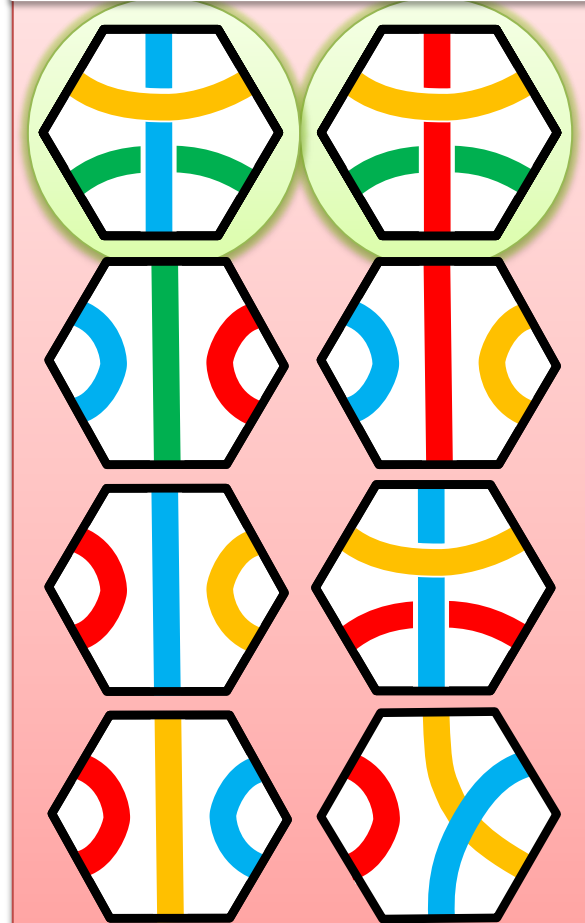
# 3種類の路・10種のタイル



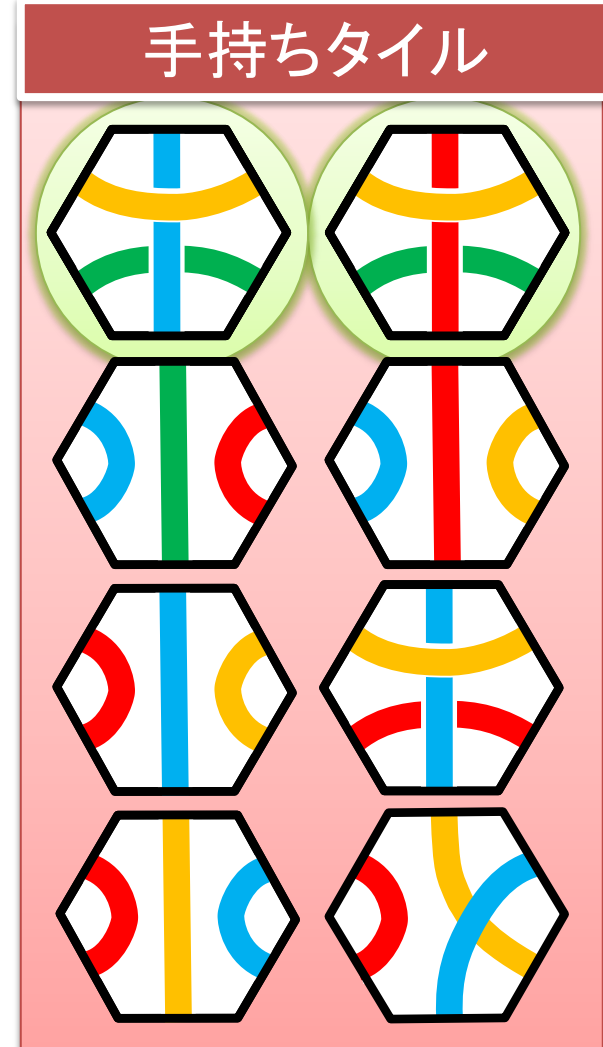
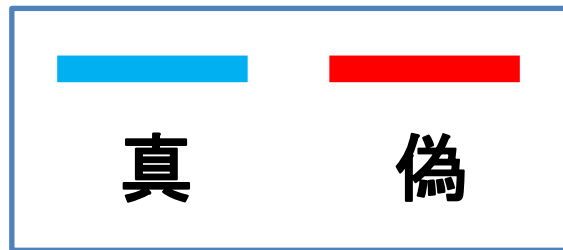
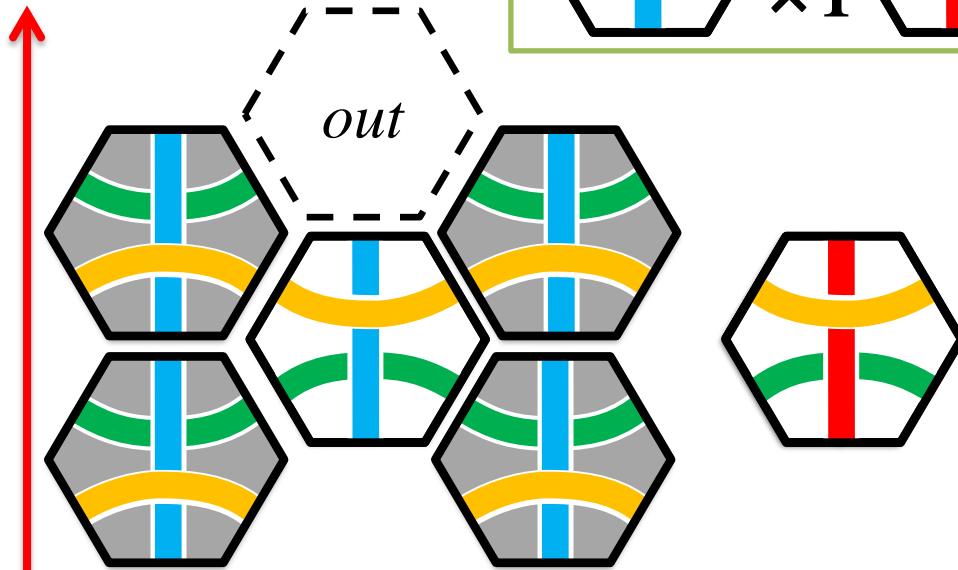
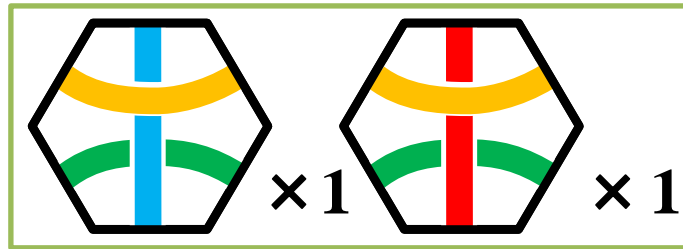
# 入力部



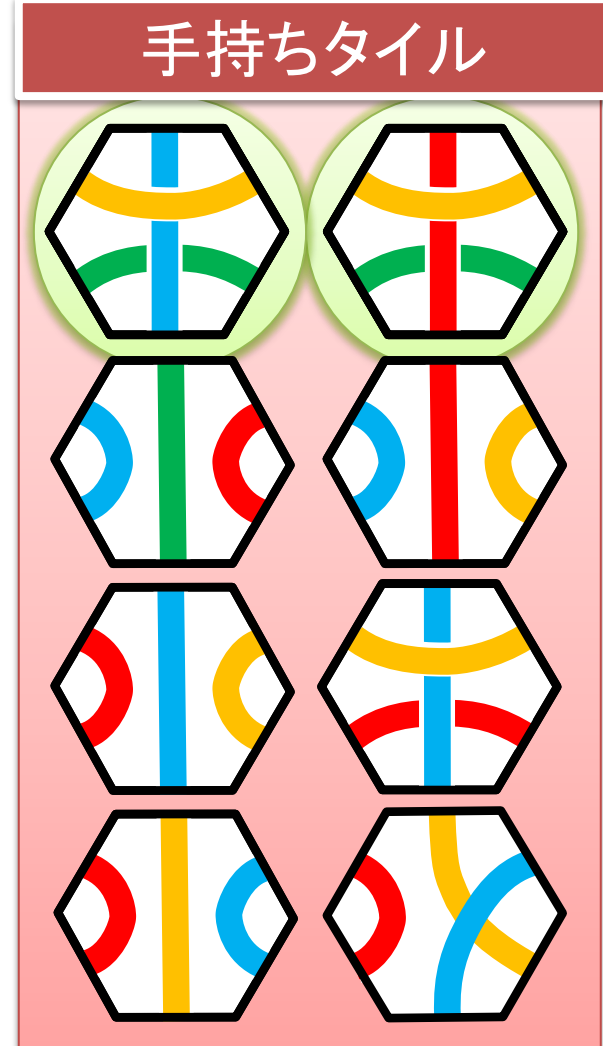
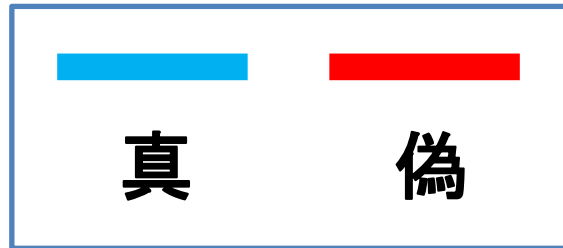
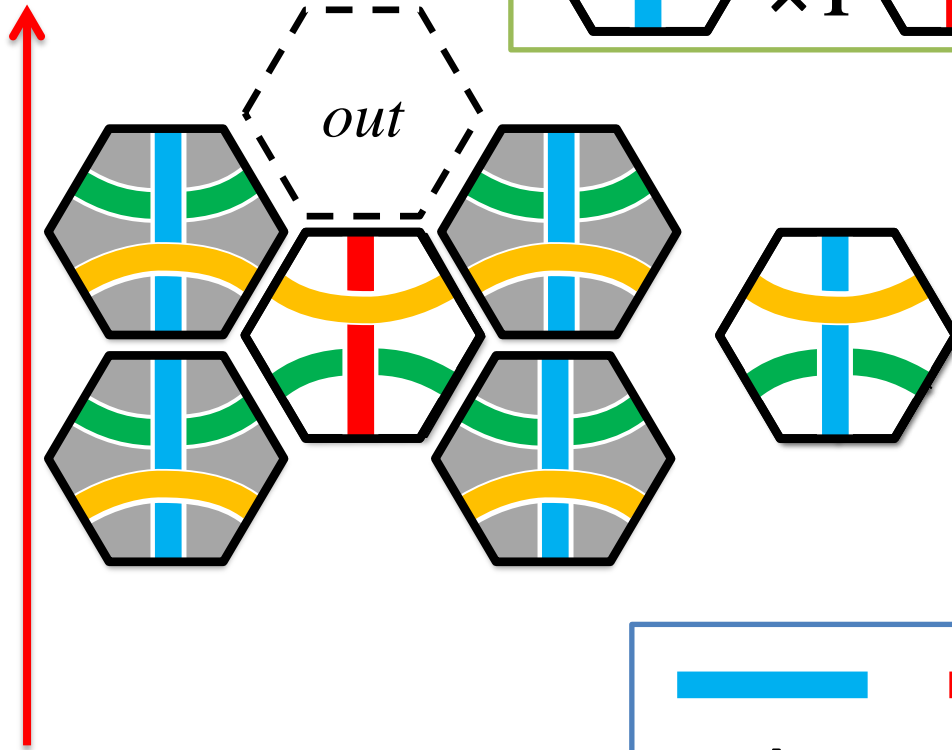
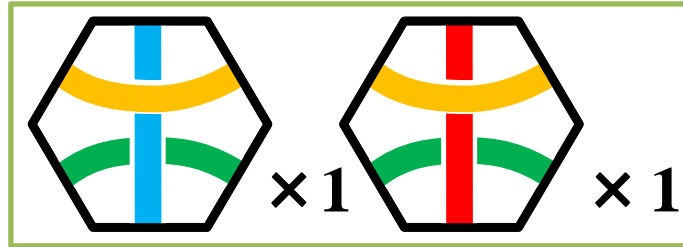
## 手持ちタイル



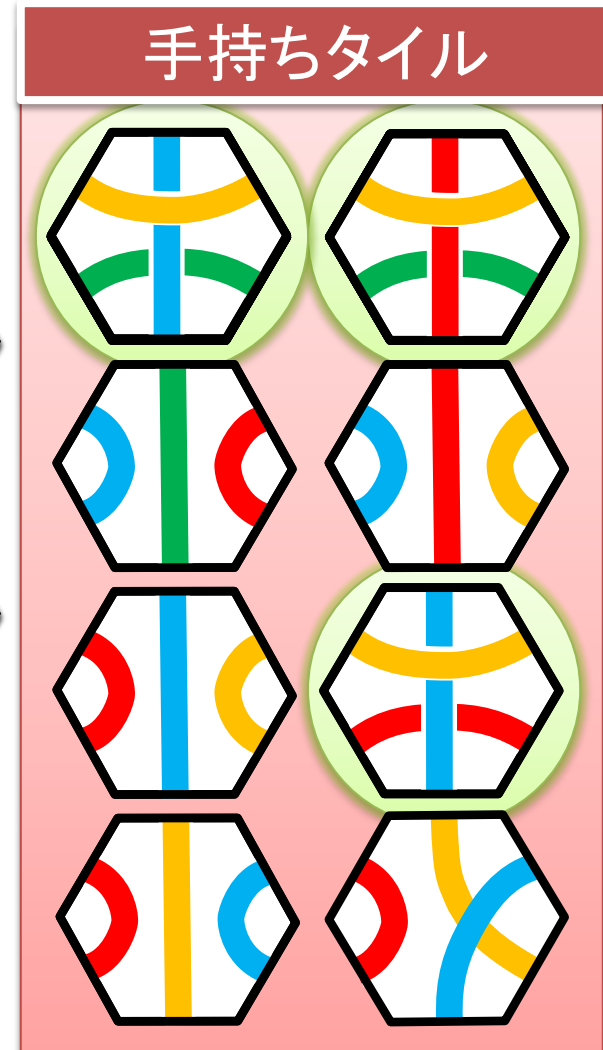
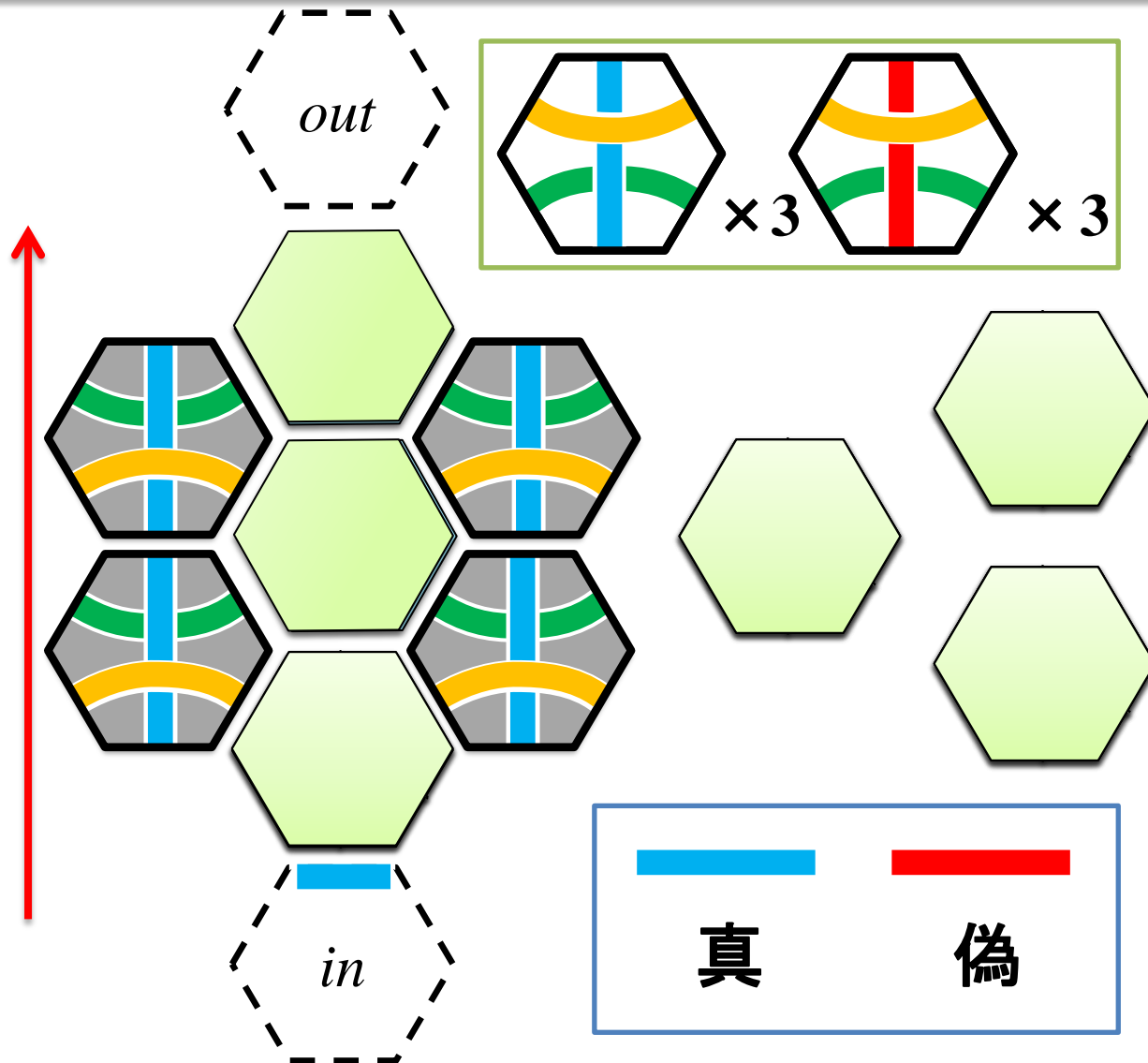
# 入力部



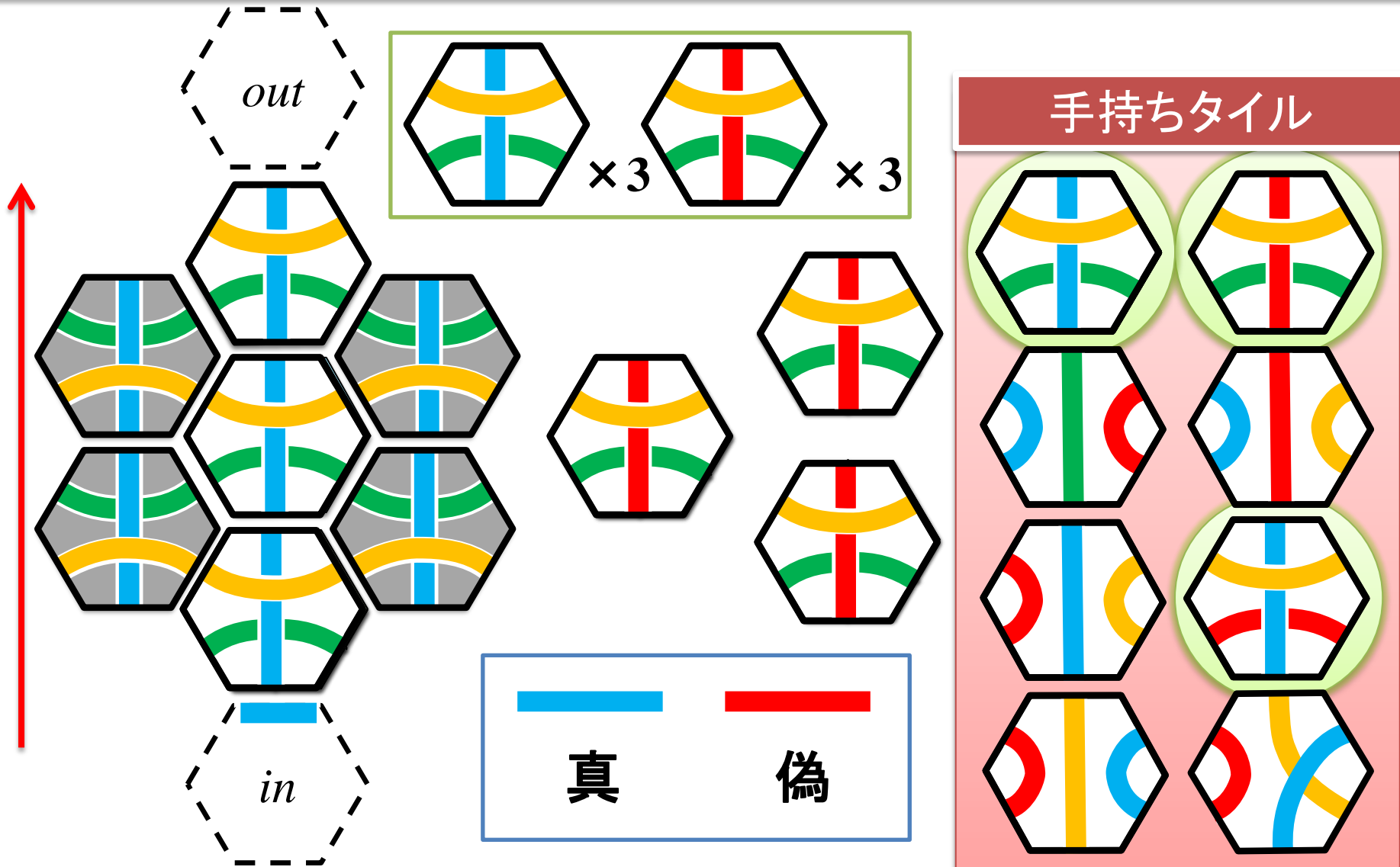
# 入力部



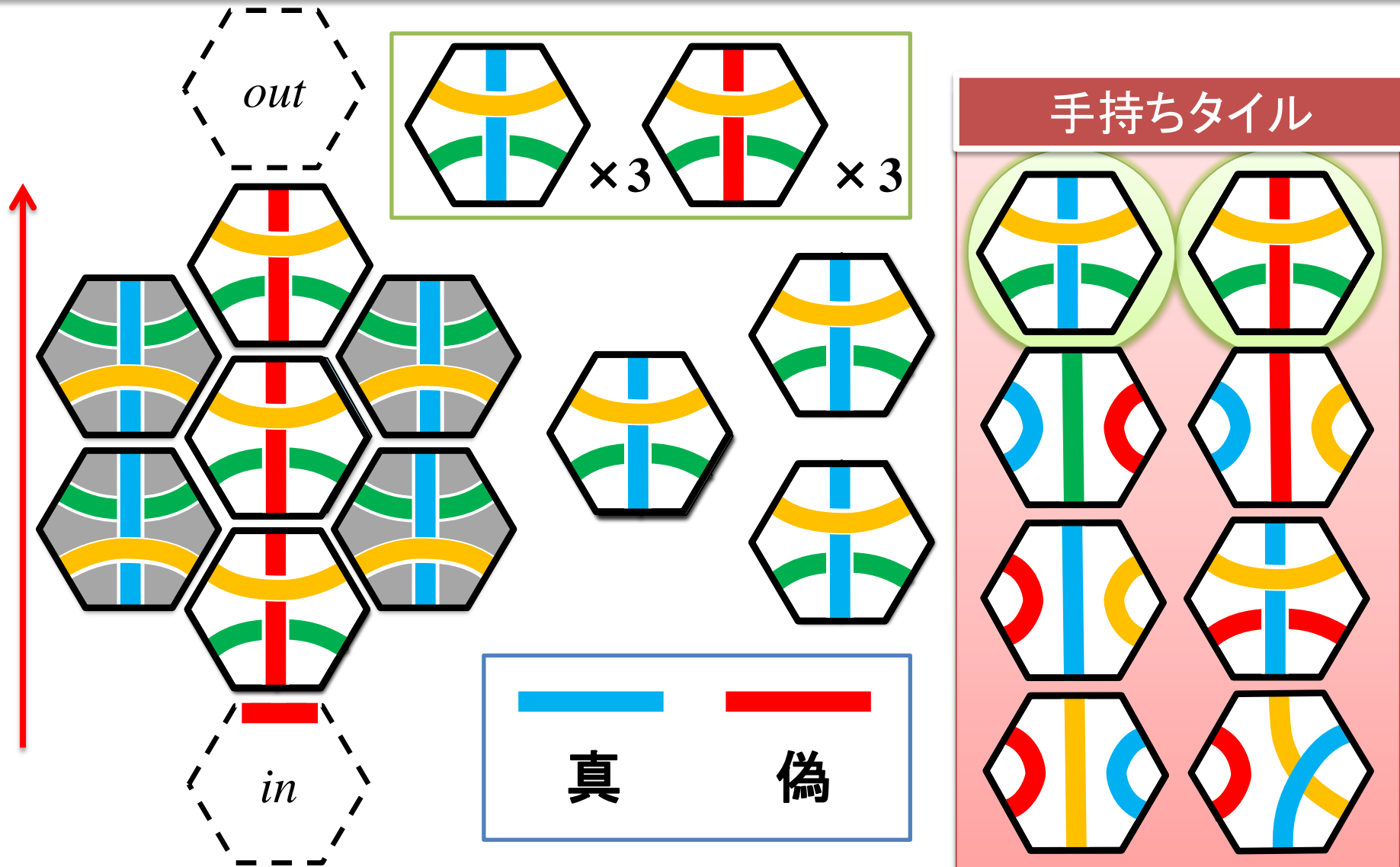
# WIRE部(真の場合)



# WIRE部(真の場合)

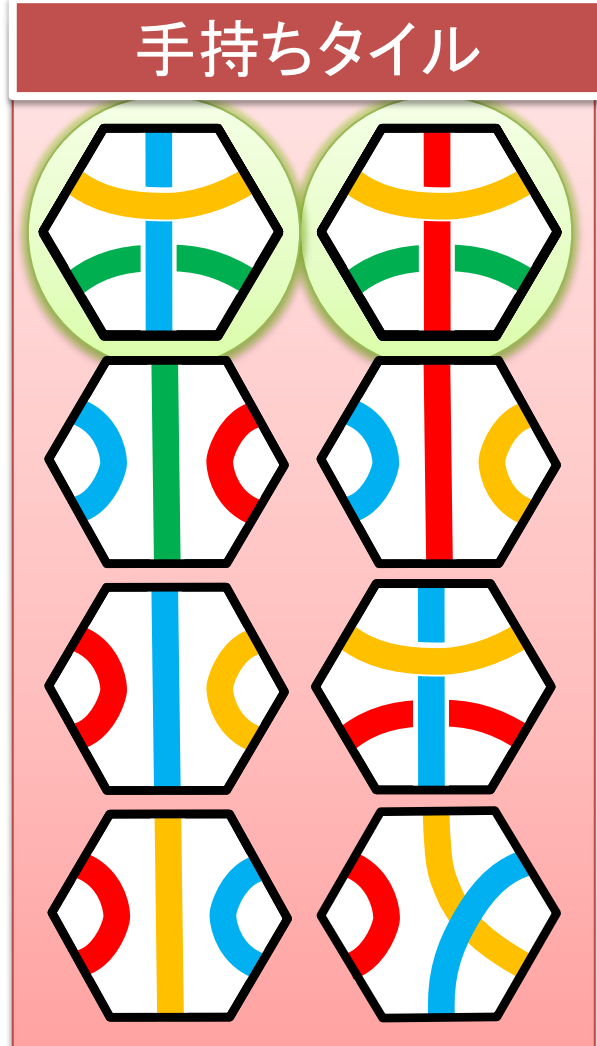
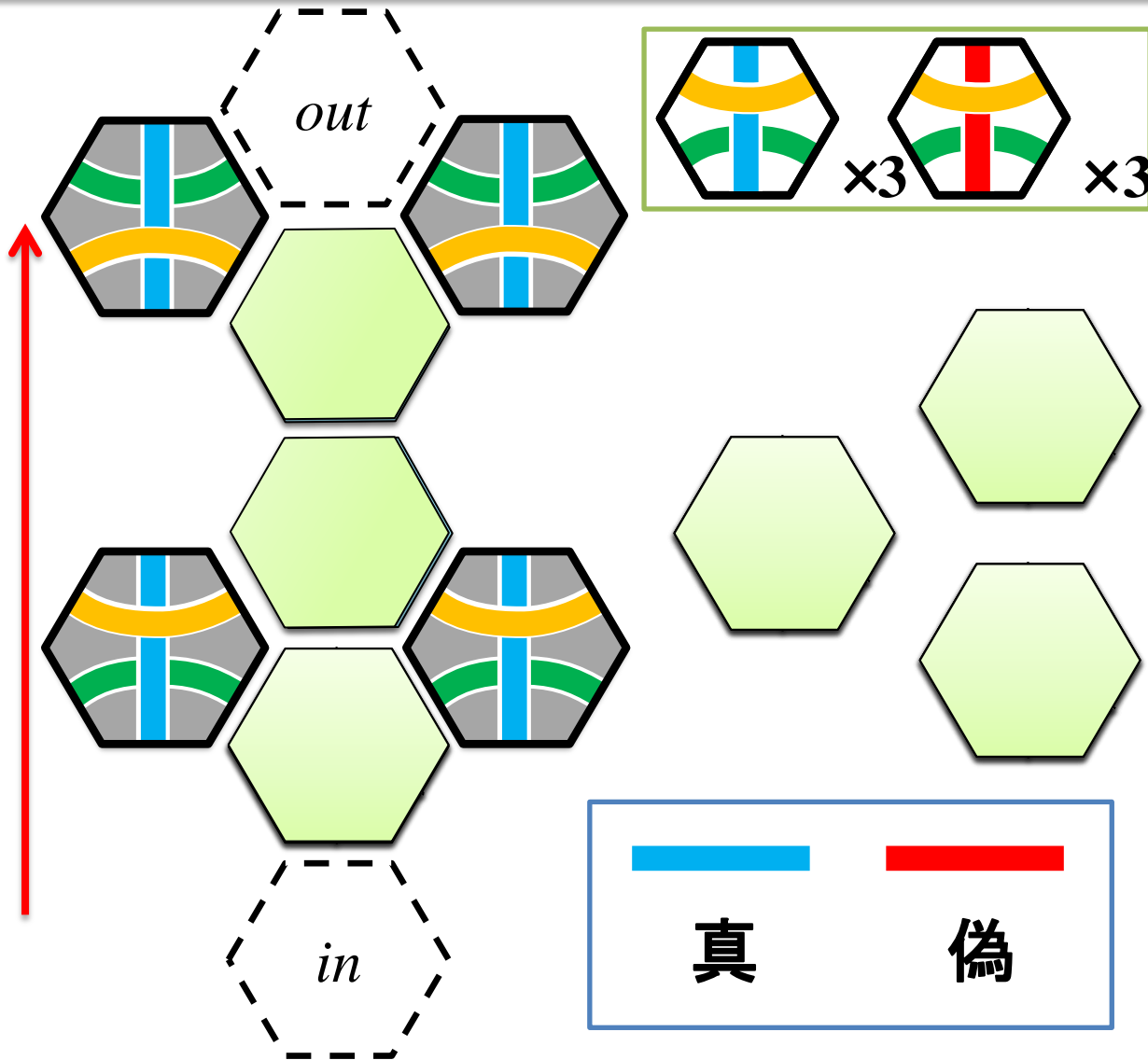


# WIRE部 (偽の場合)

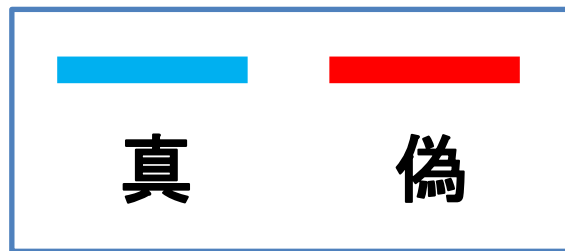
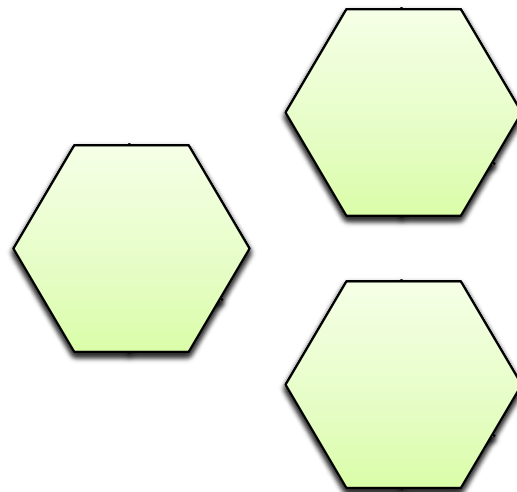
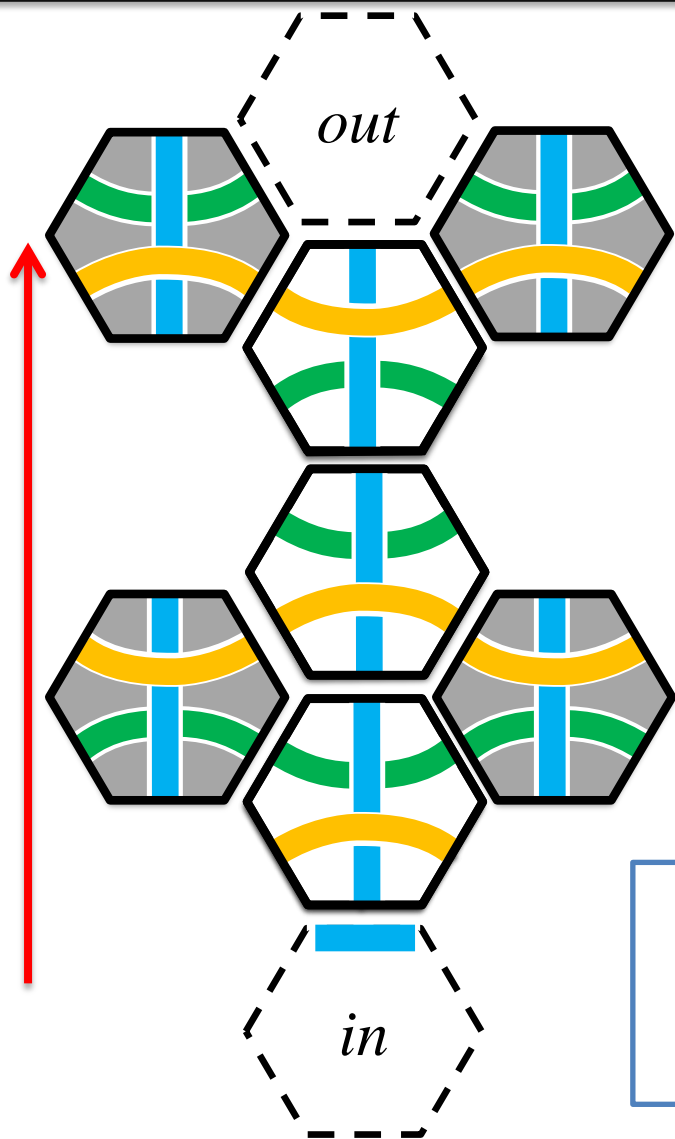




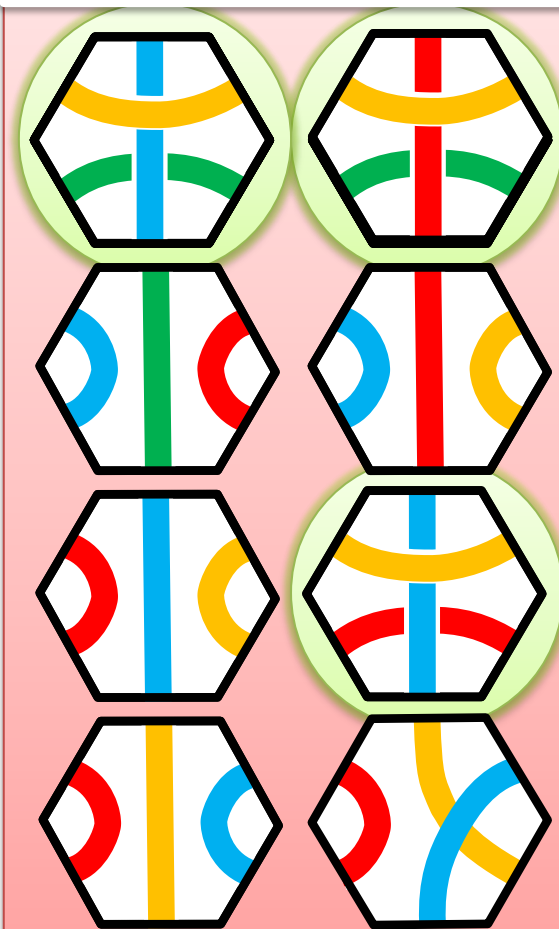
# 接続部



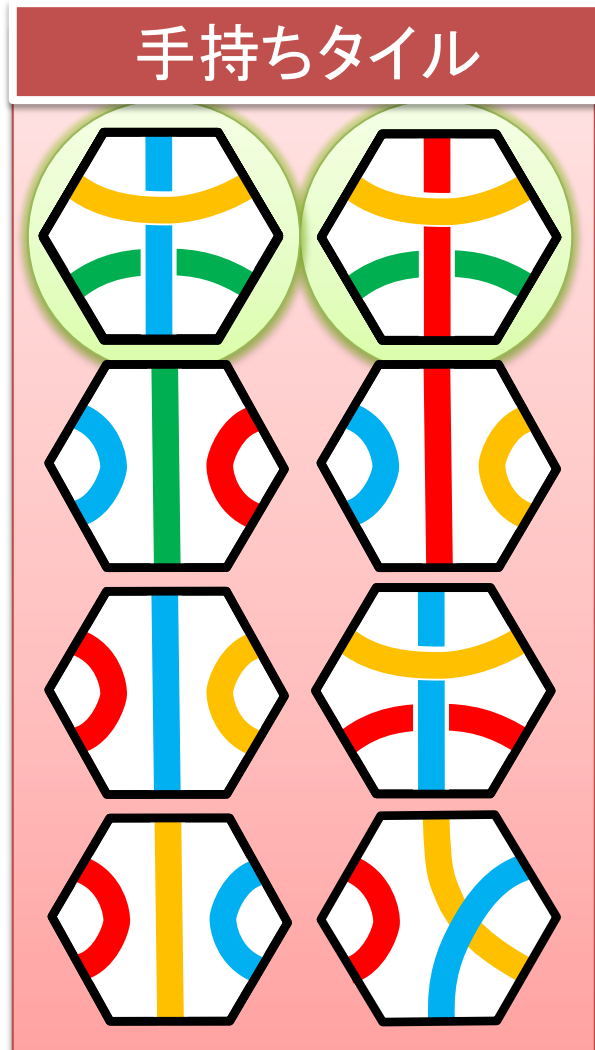
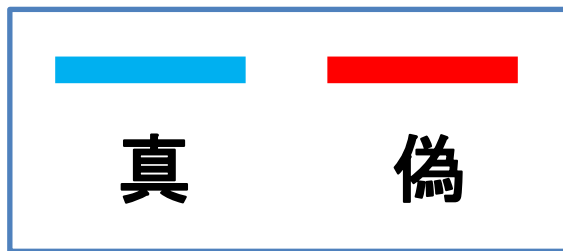
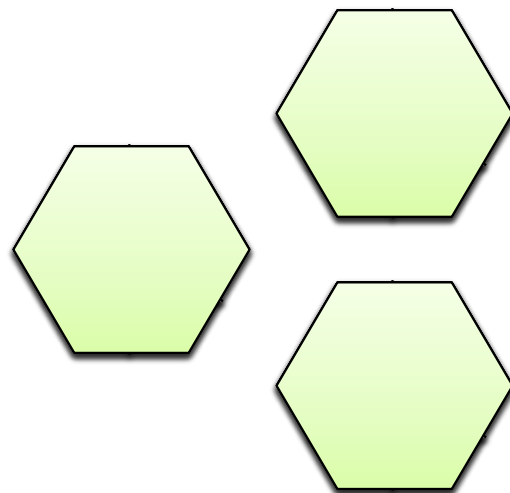
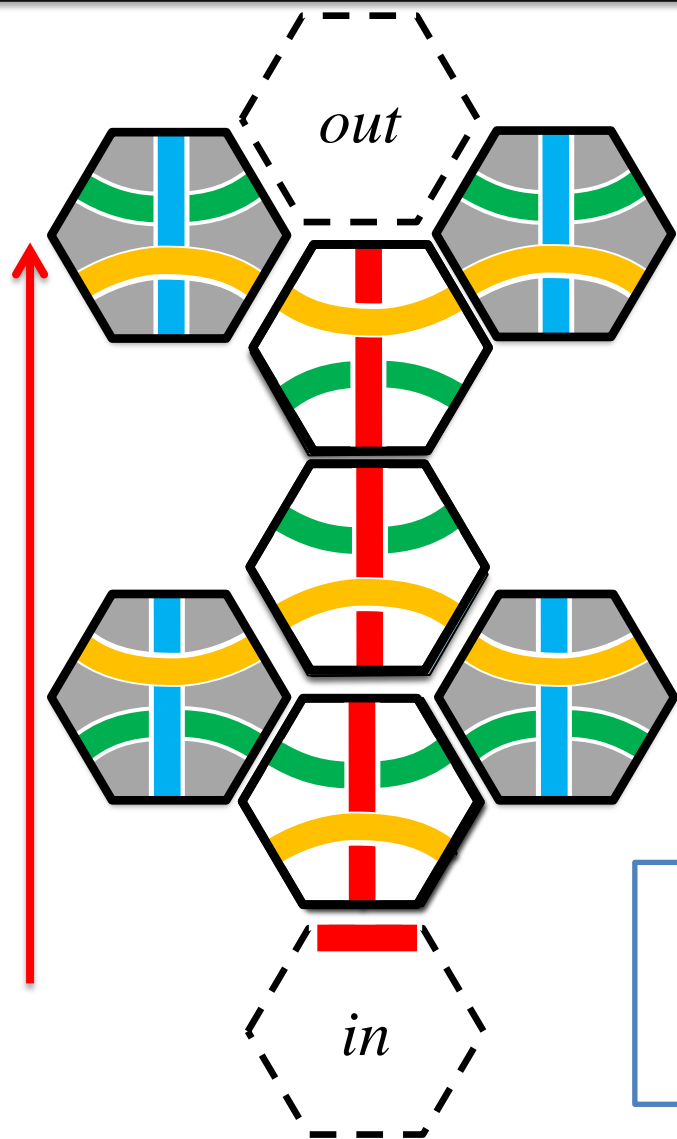
# 接続部（真の場合）



手持ちタイル

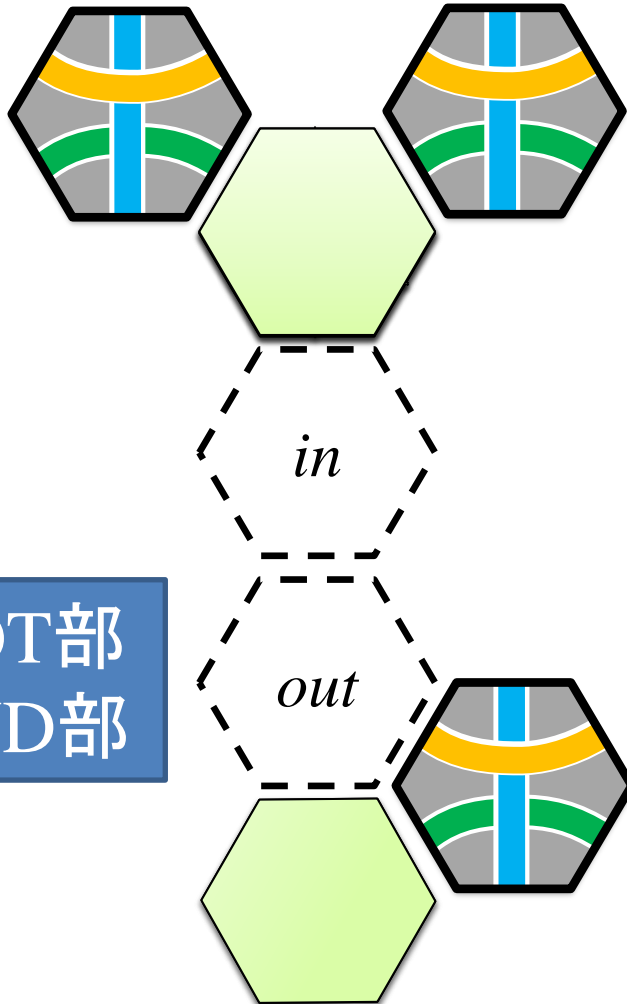


# 接続部（偽の場合）

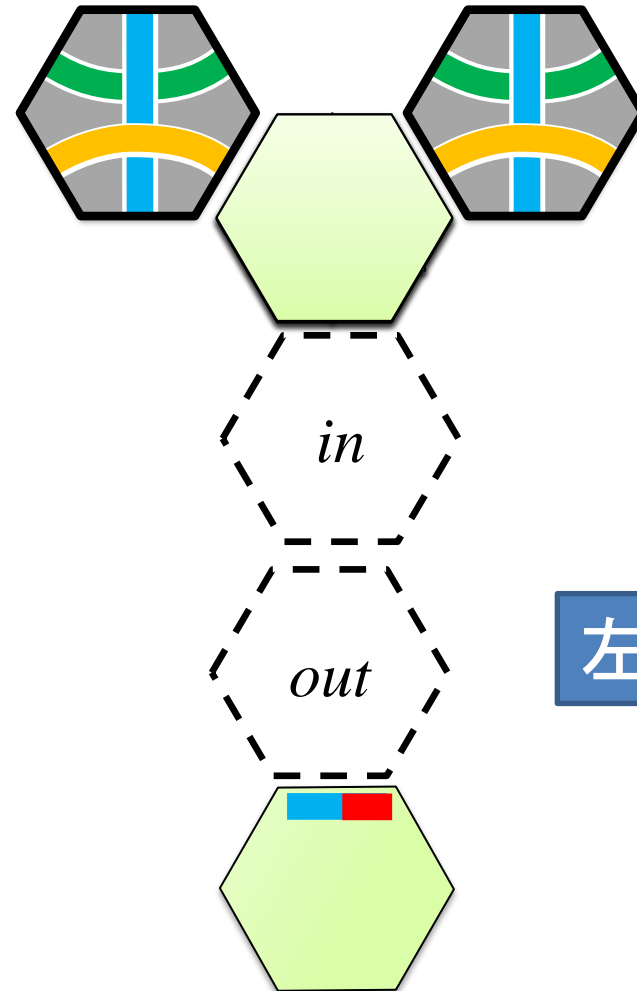


# 接続の方法

接続部



接続部以外

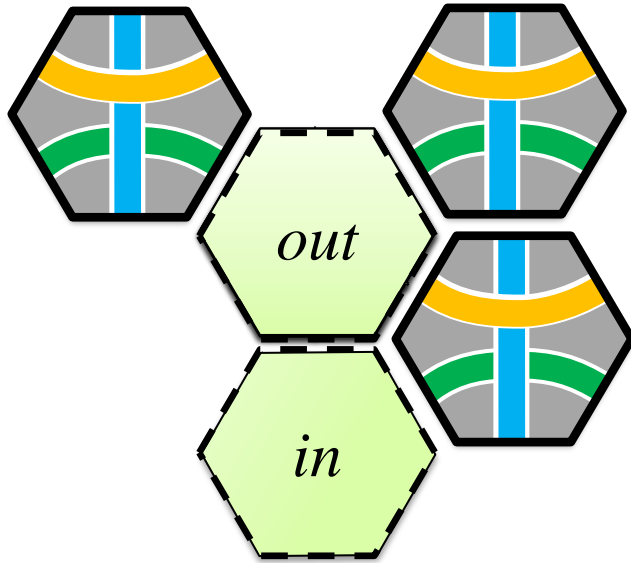


NOT部  
AND部

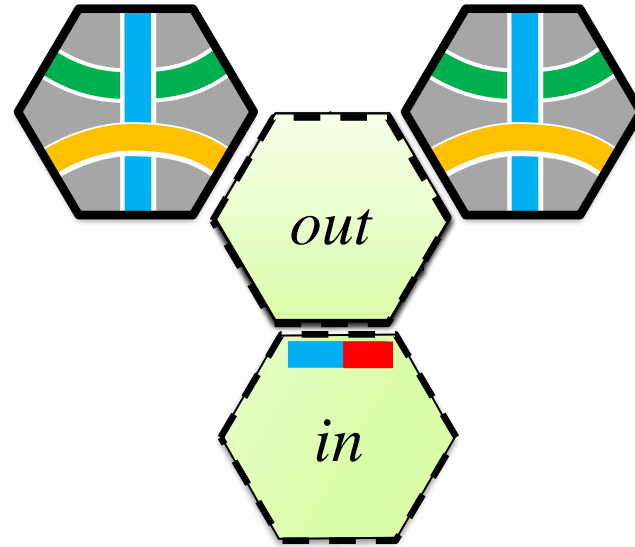
左記以外

# 接続の方法

接続部



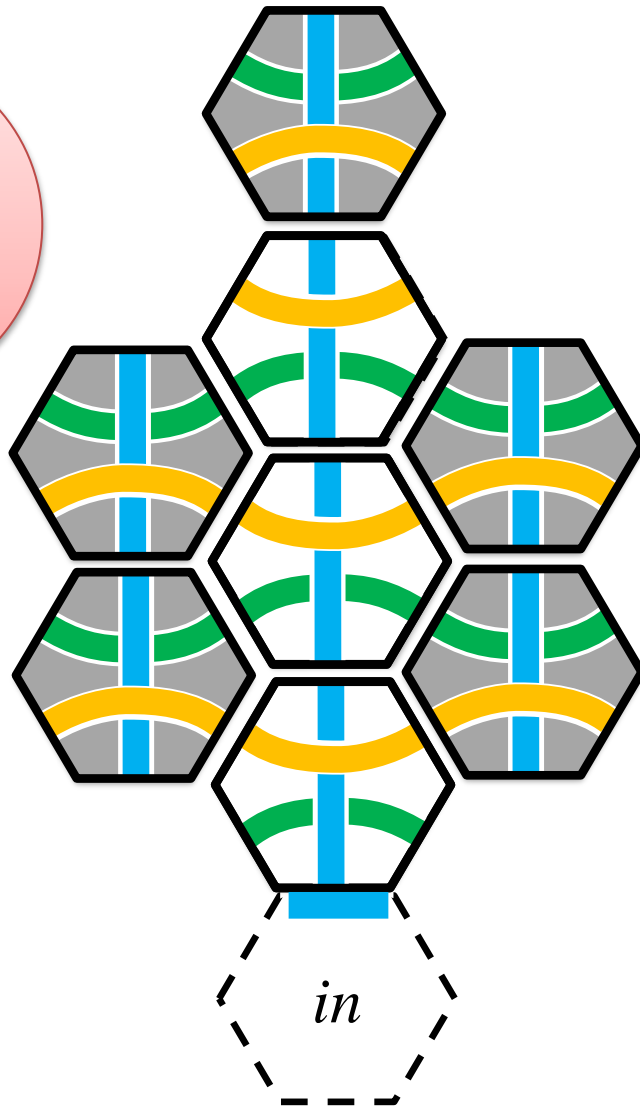
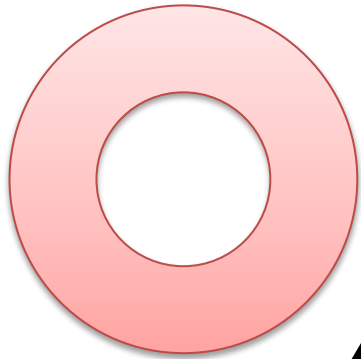
接続部以外



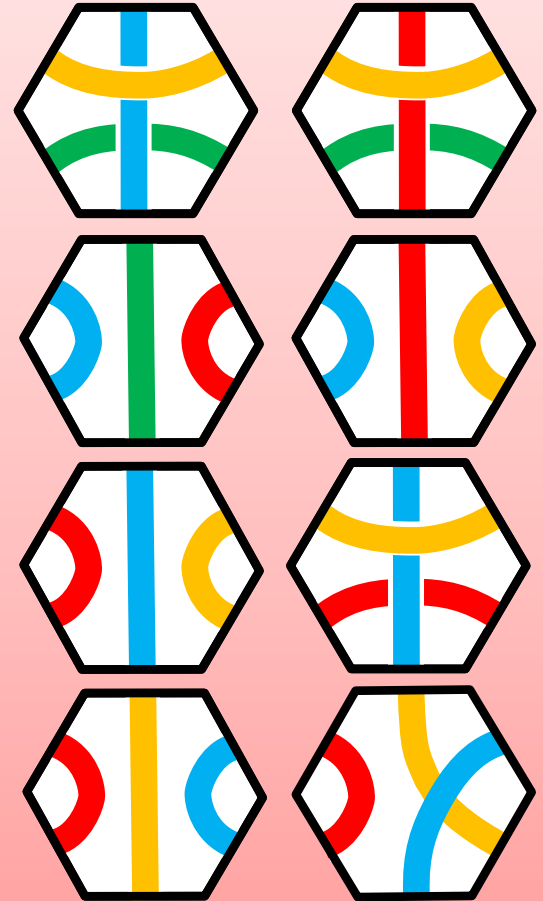
NOT部  
AND部

左記以外

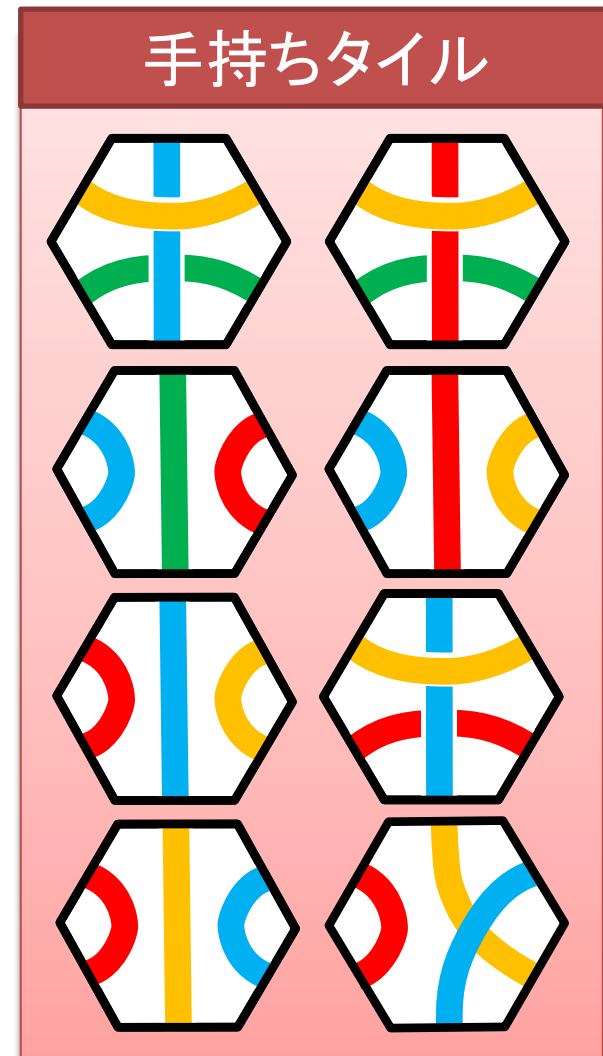
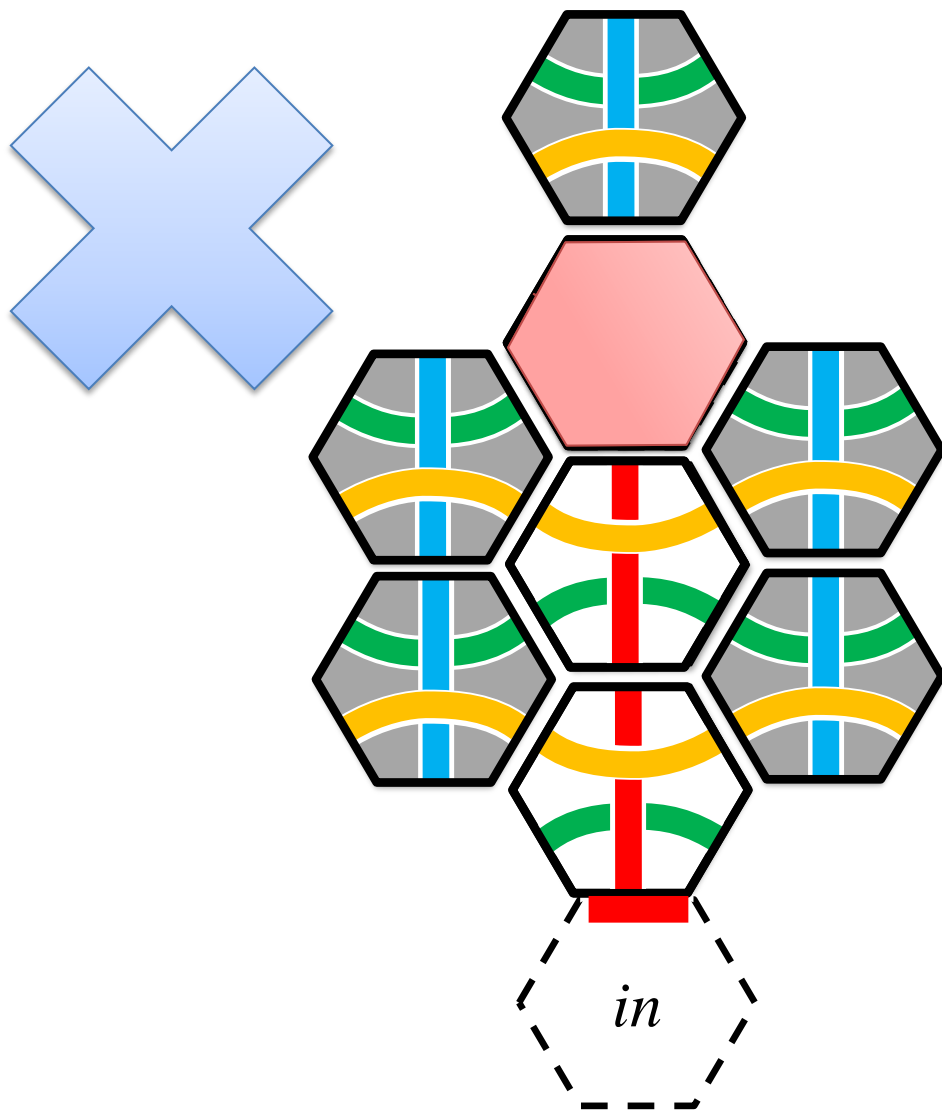
# 出力部



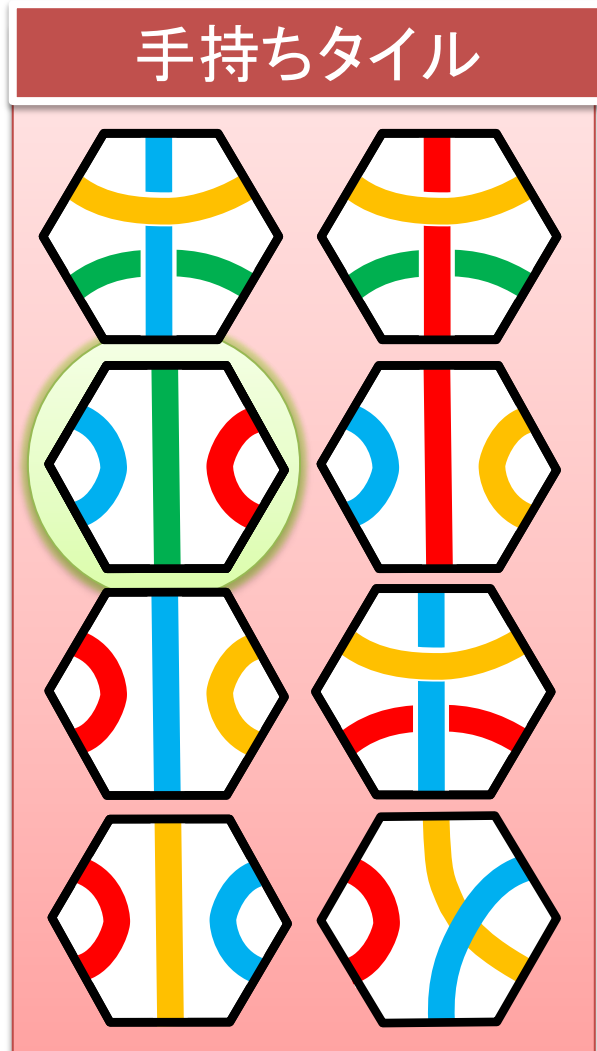
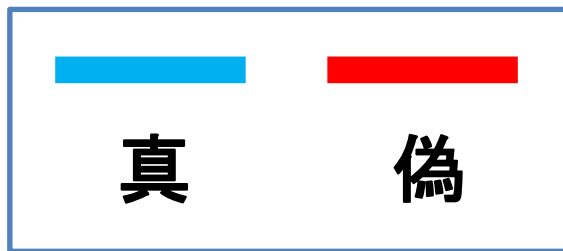
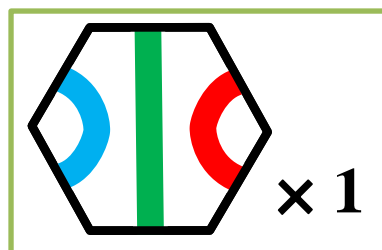
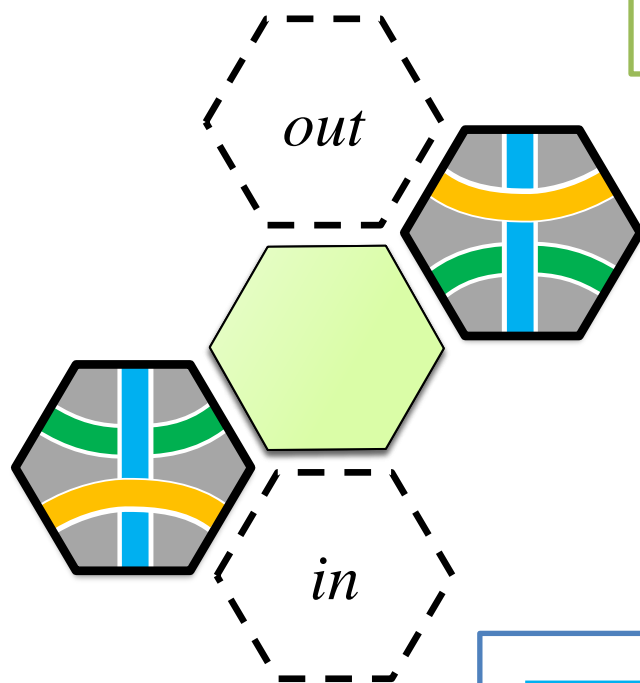
## 手持ちタイル



# 出力部

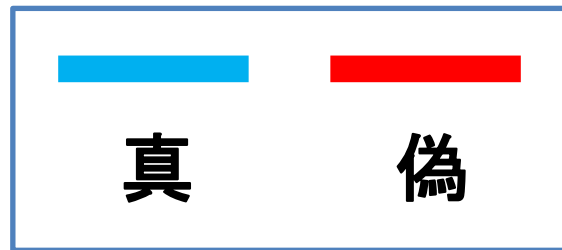
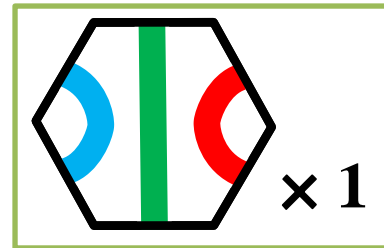
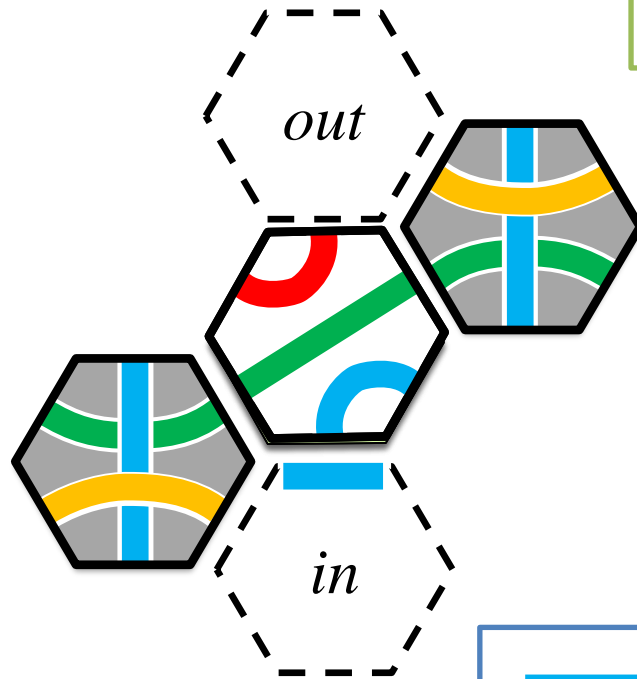


# NOT部

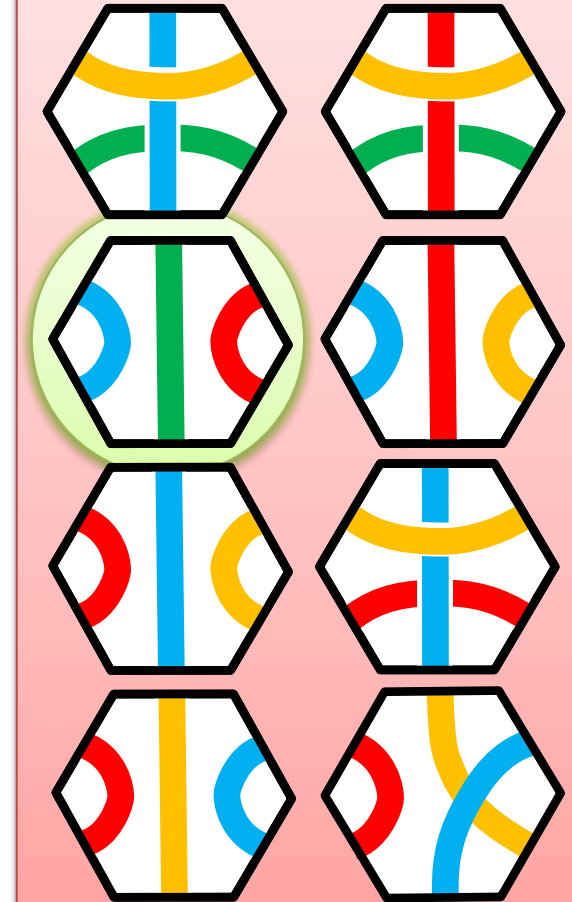




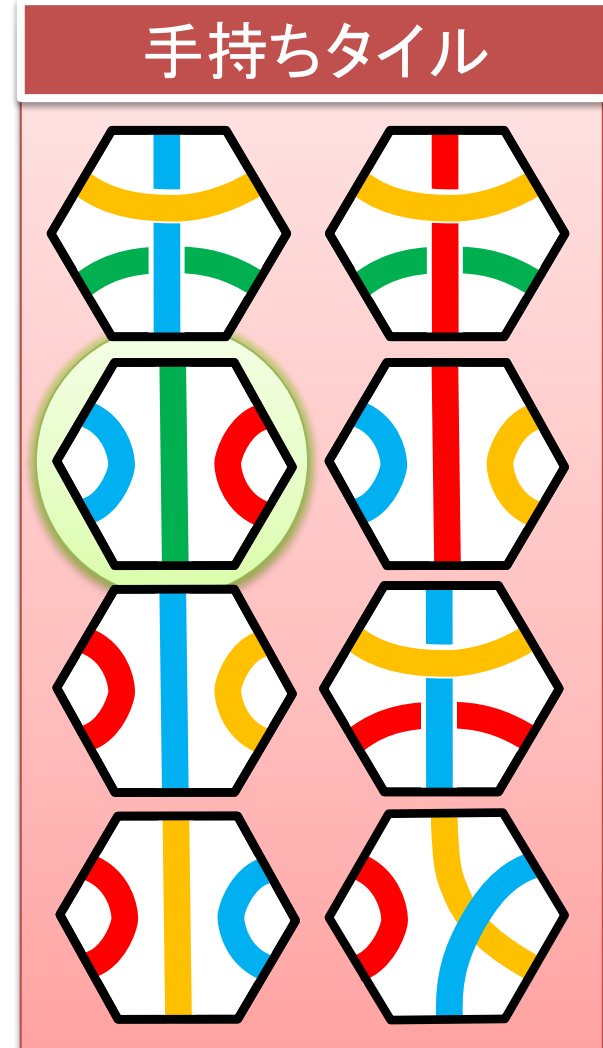
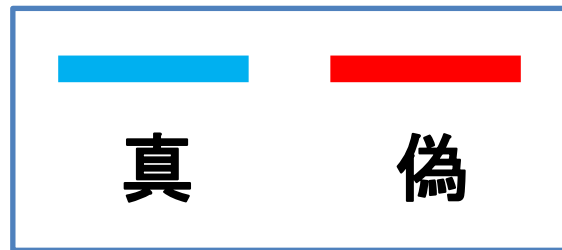
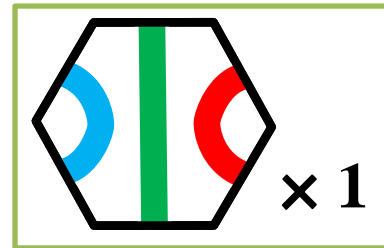
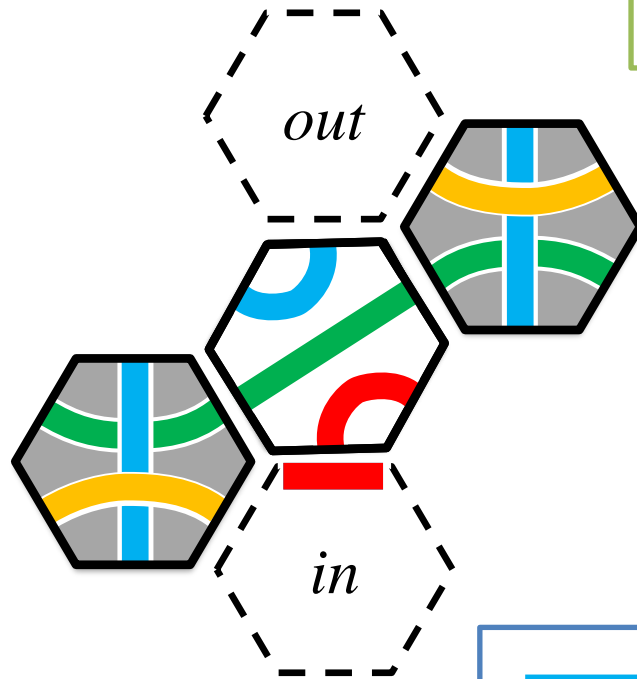
# NOT部(真の場合)



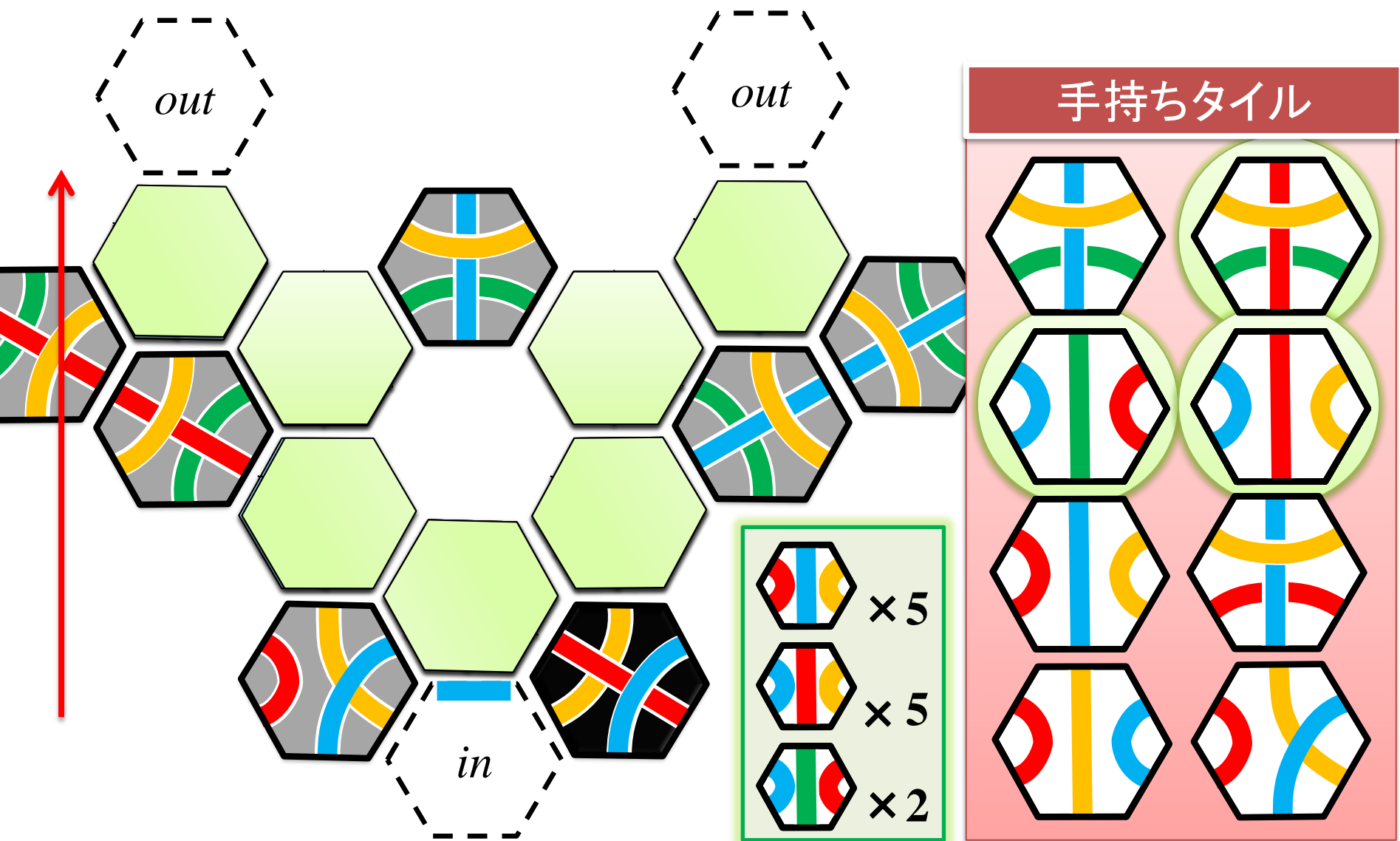
手持ちタイル



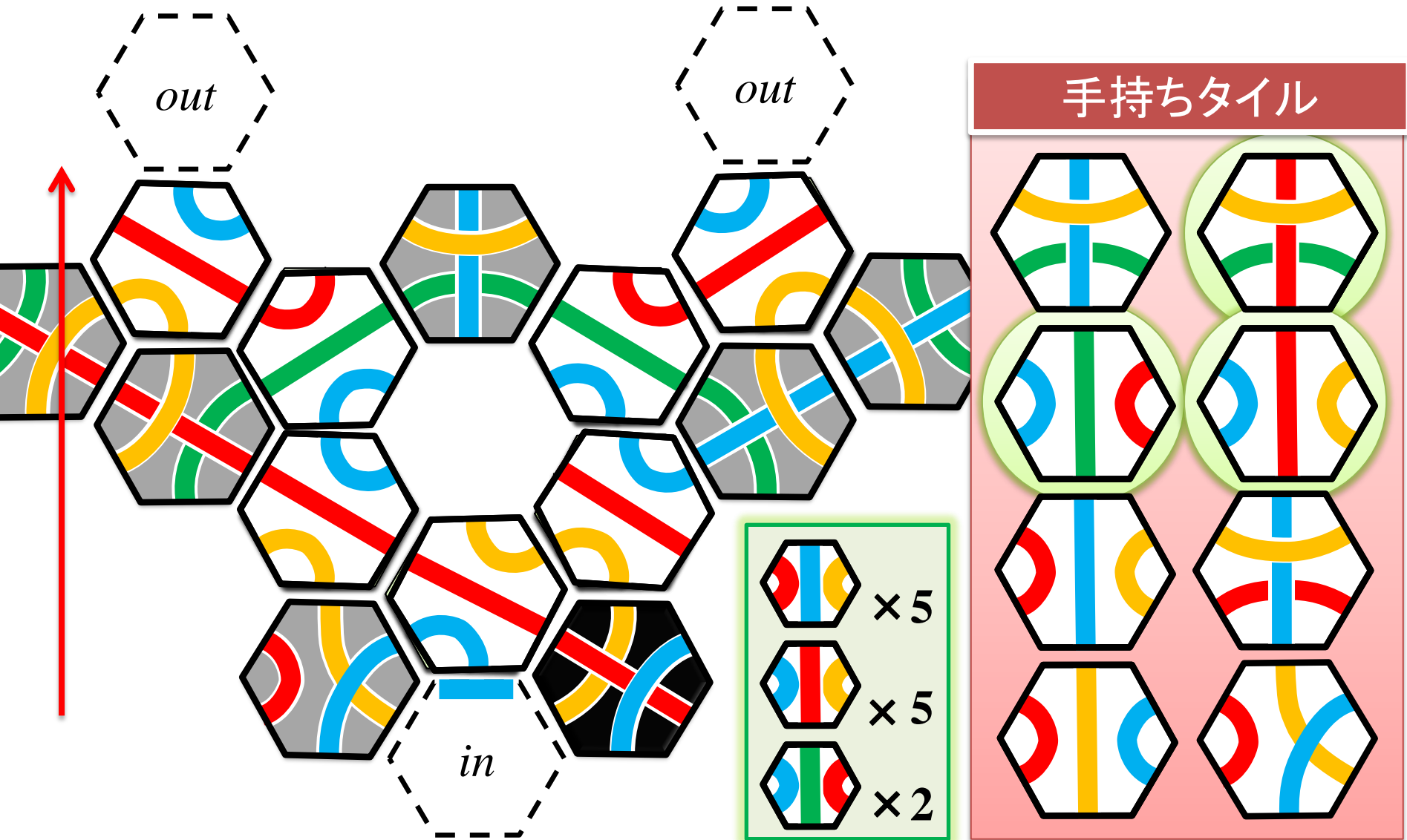
# NOT部(偽の場合)



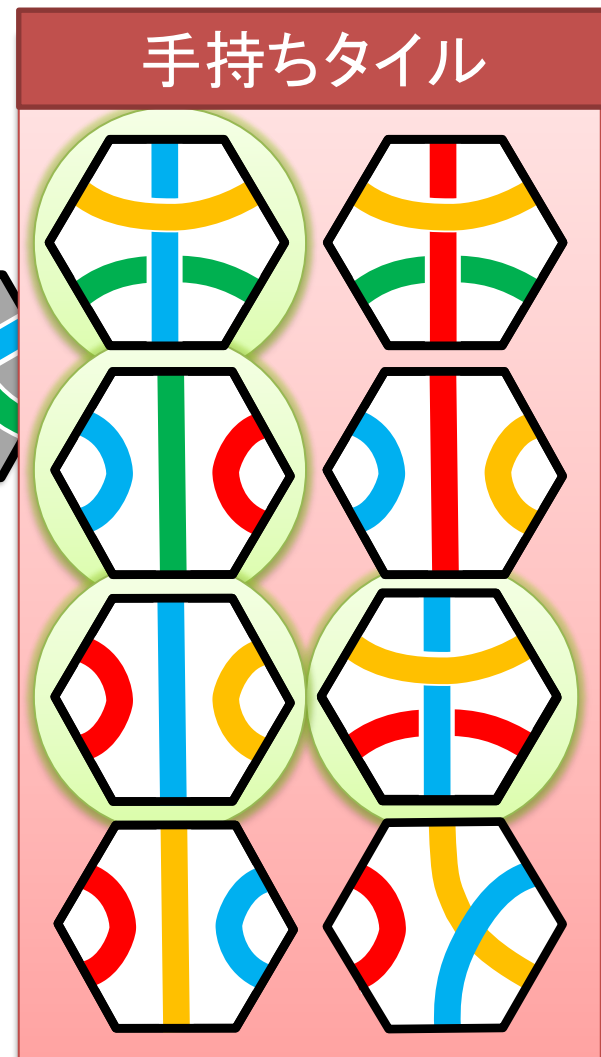
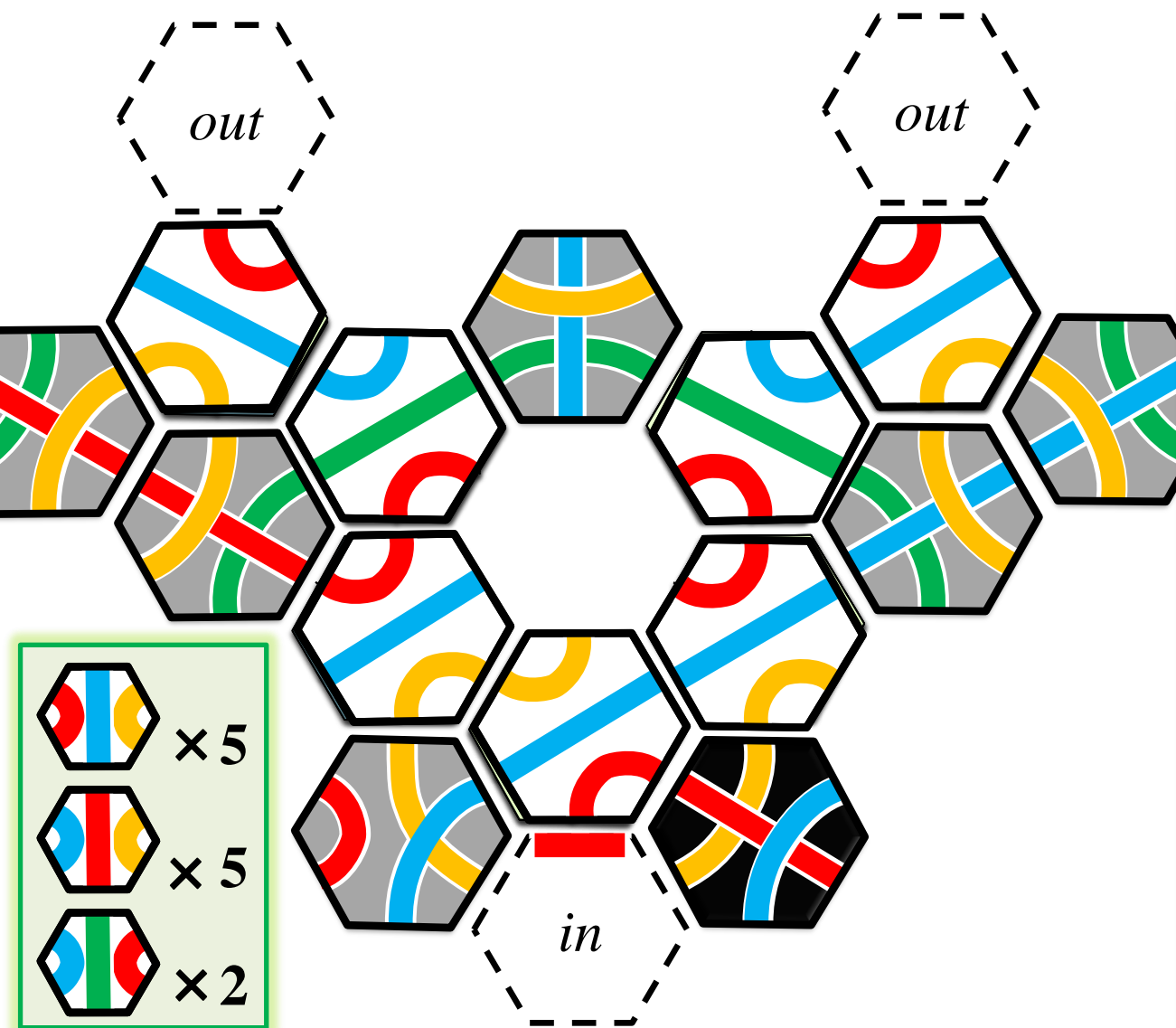
# COPY部(真の場合)



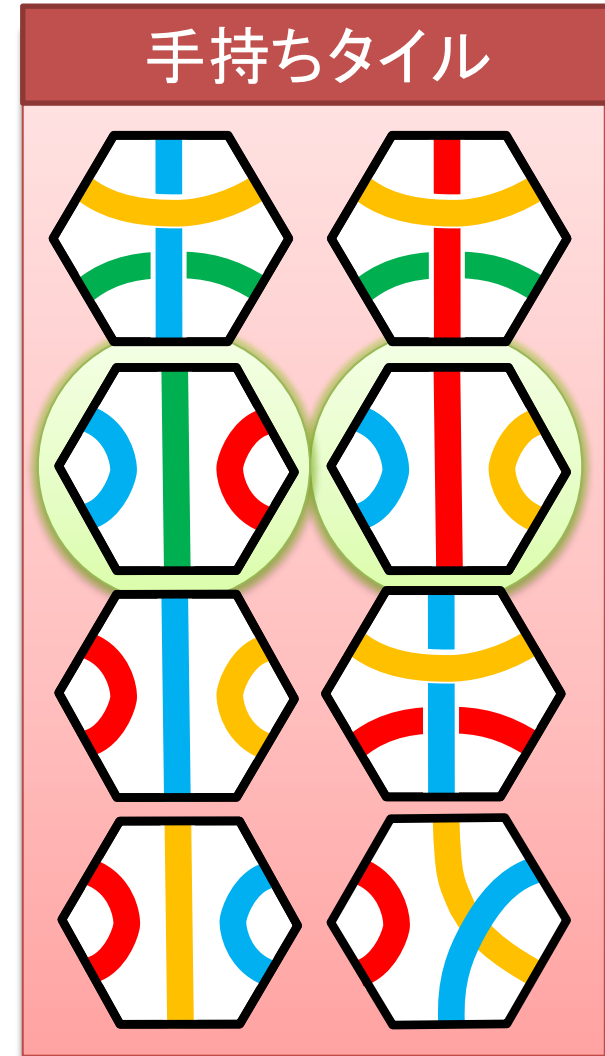
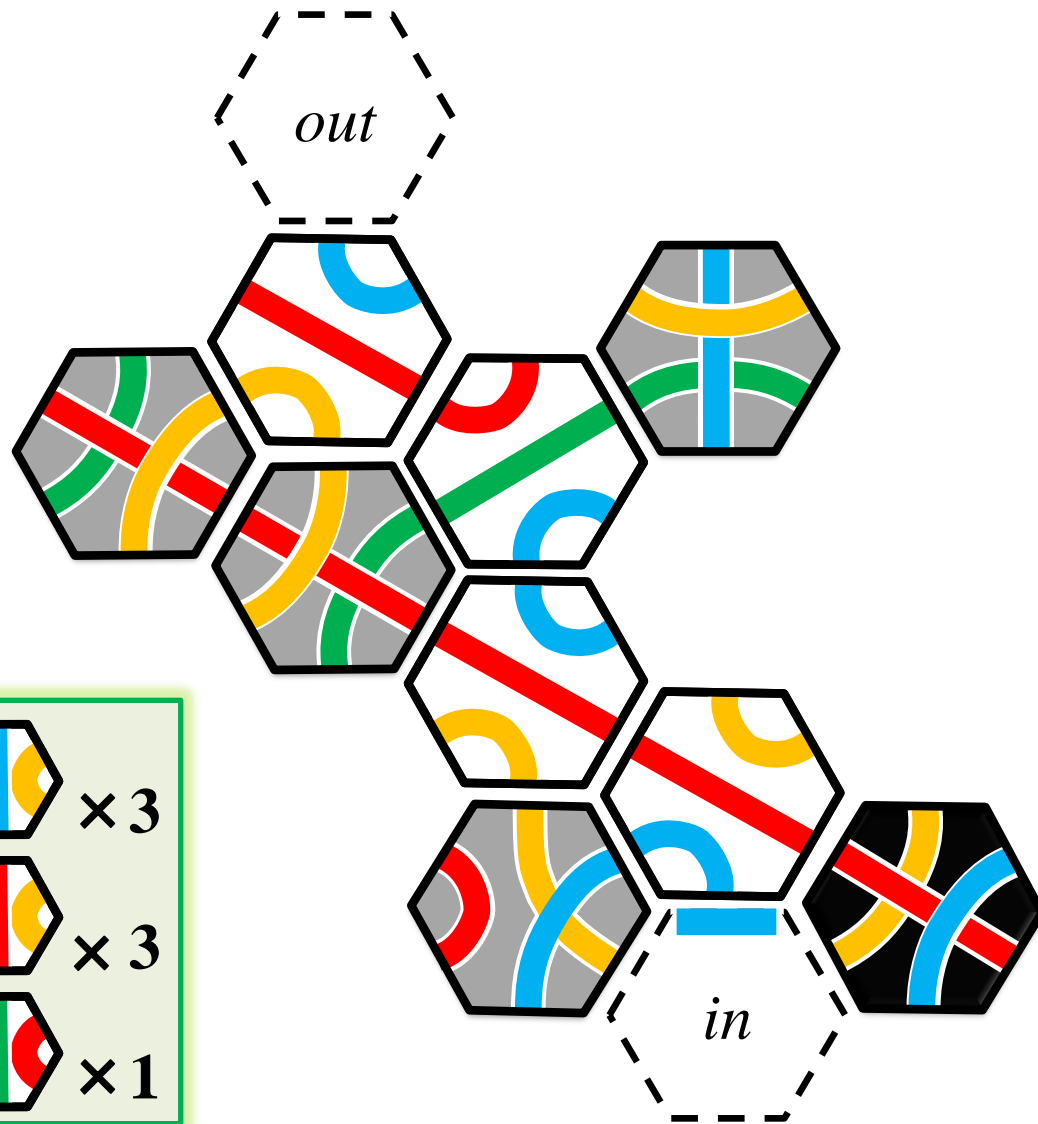
# COPY部(真の場合)



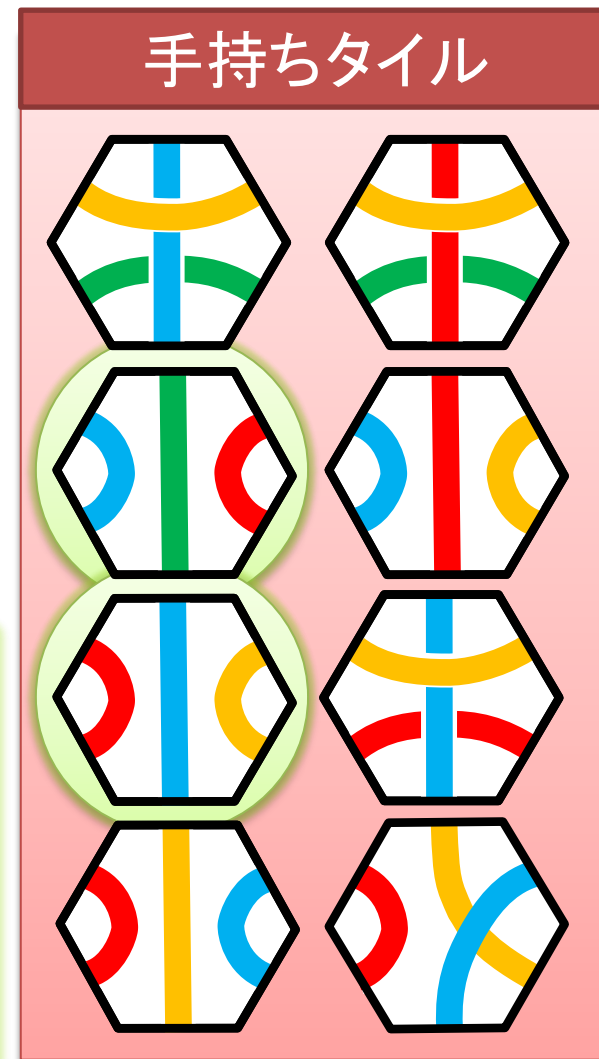
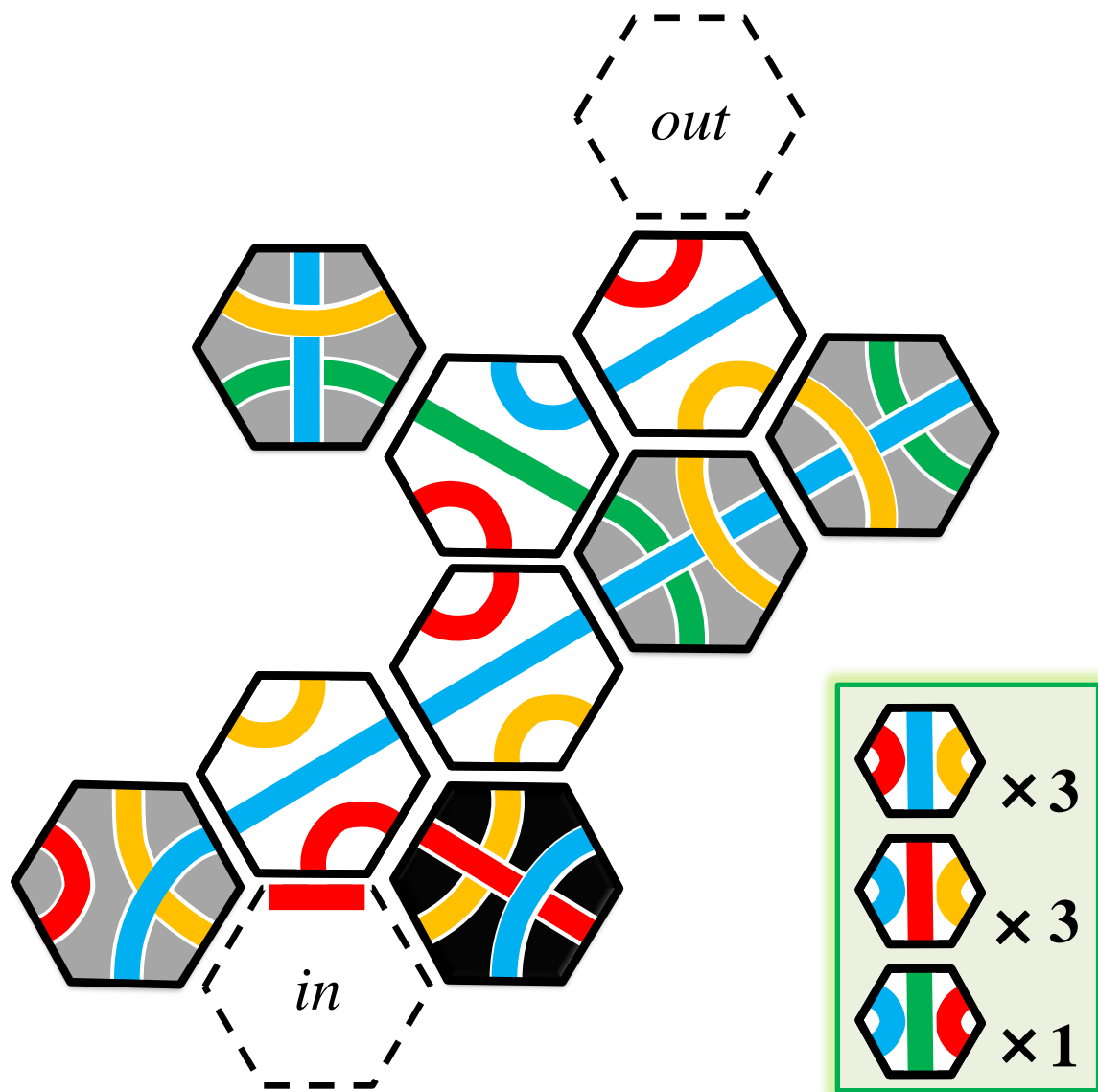
# COPY部(偽の場合)



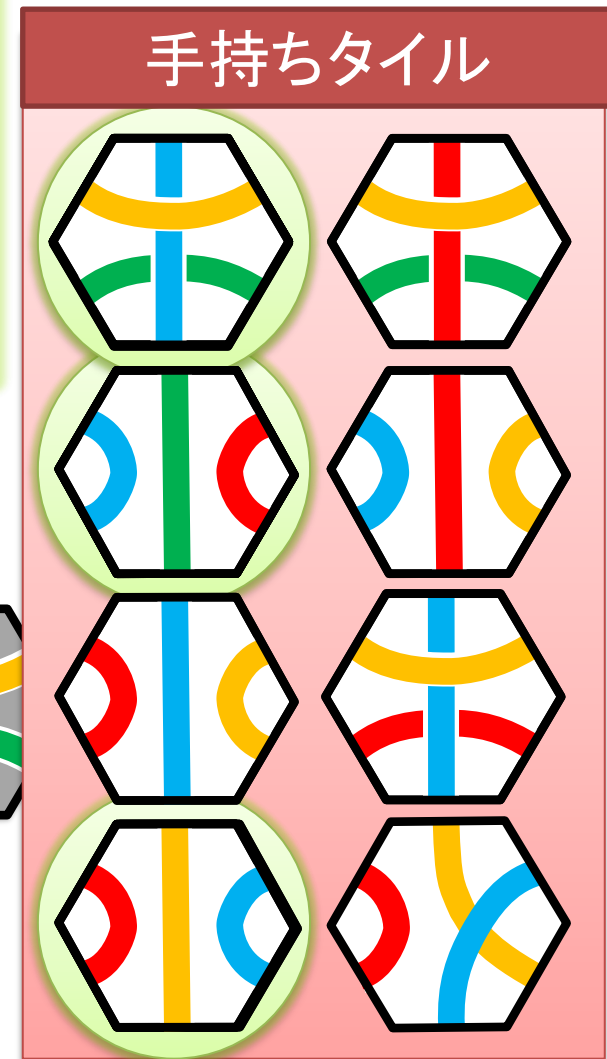
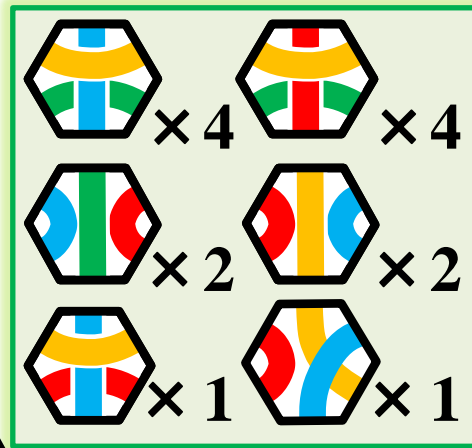
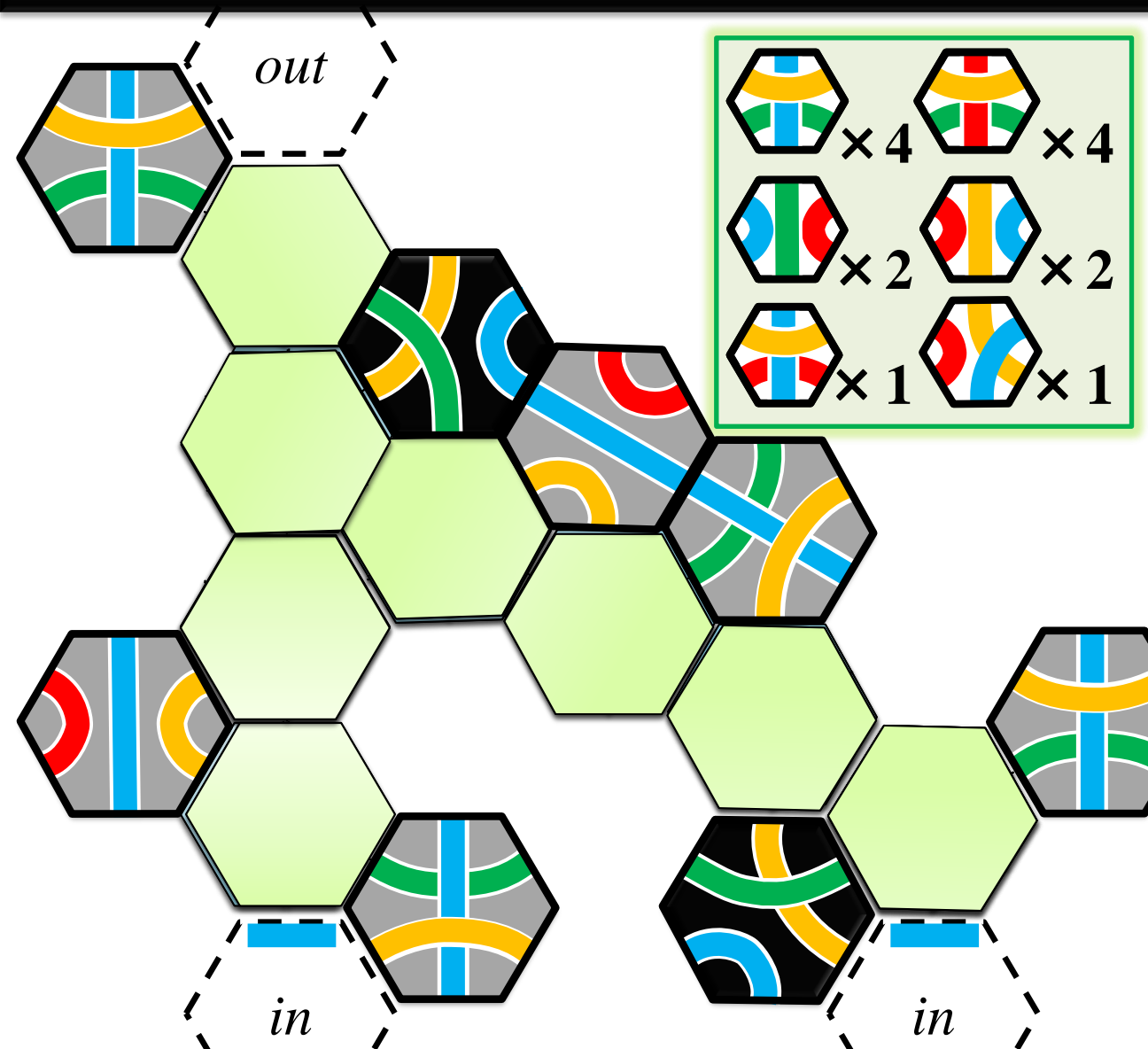
# 調整部 (真の場合)



# COPY部(偽の場合)

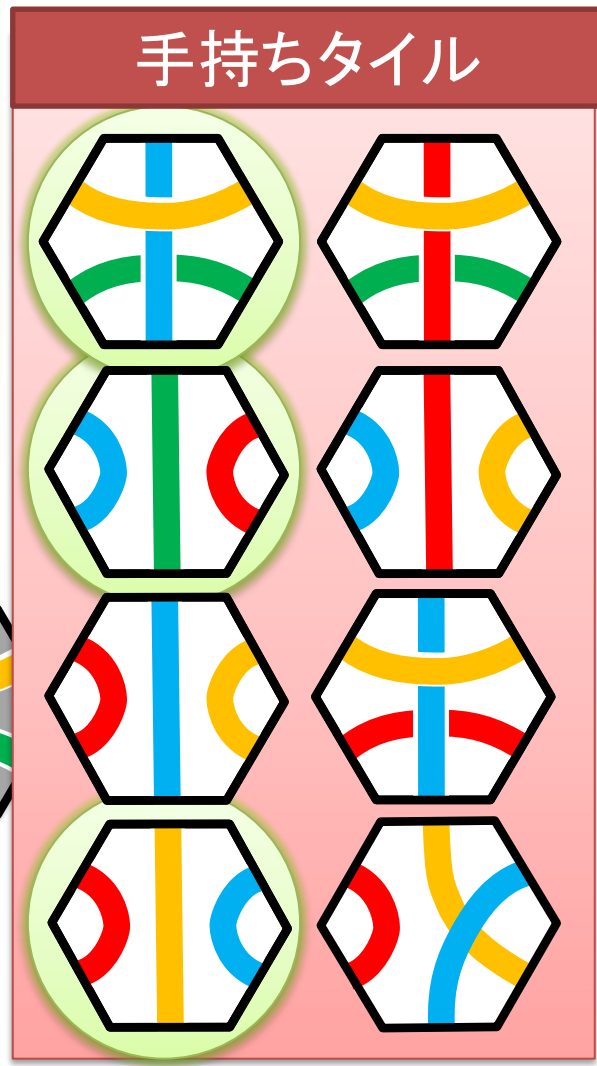
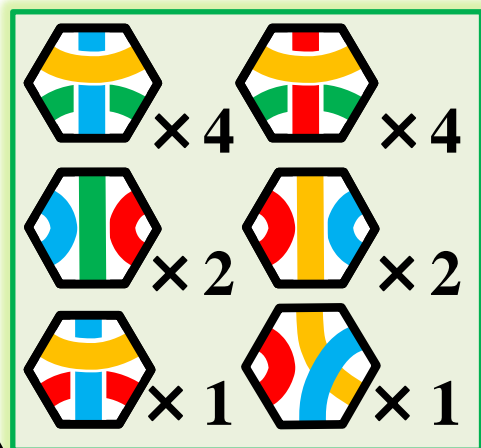
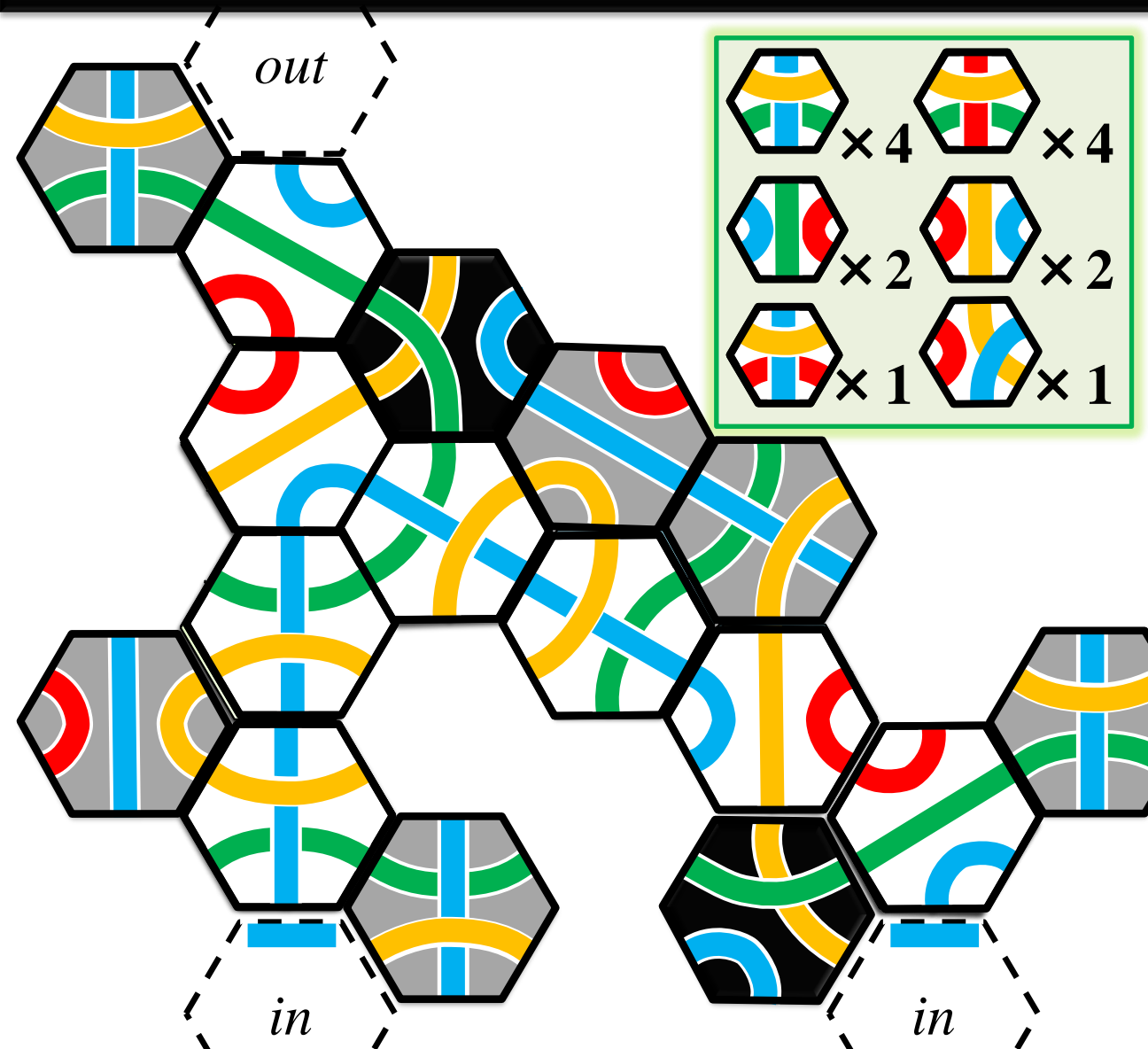


# AND部

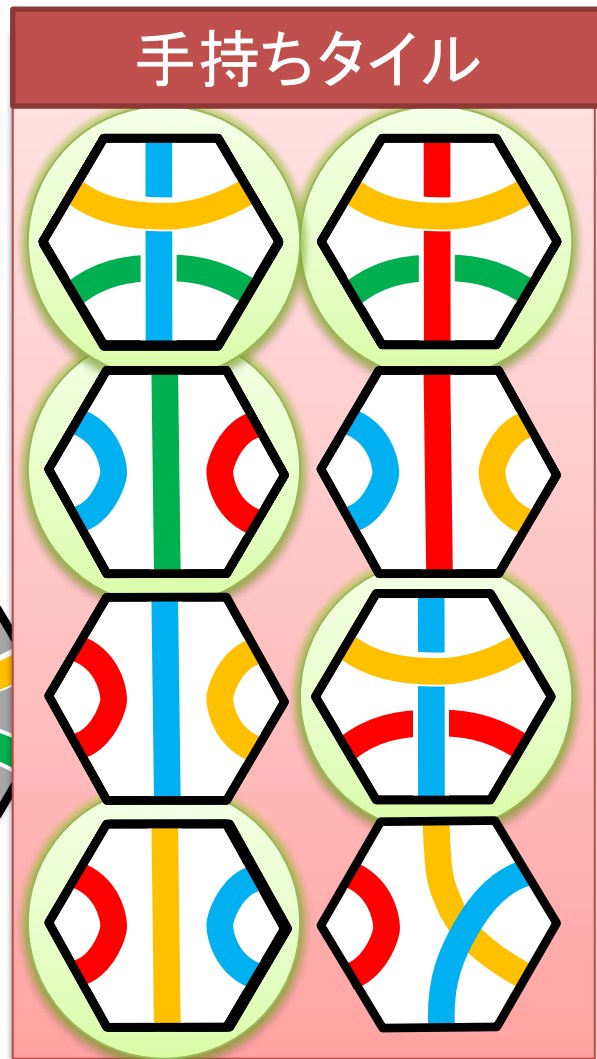
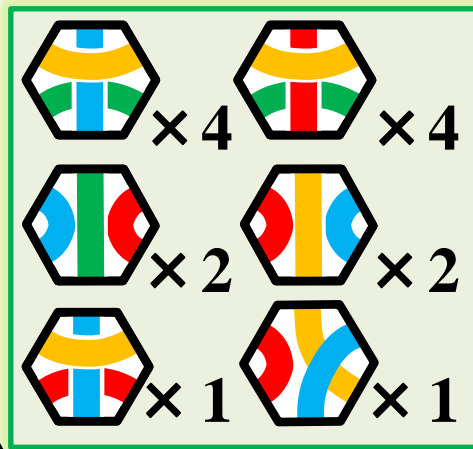
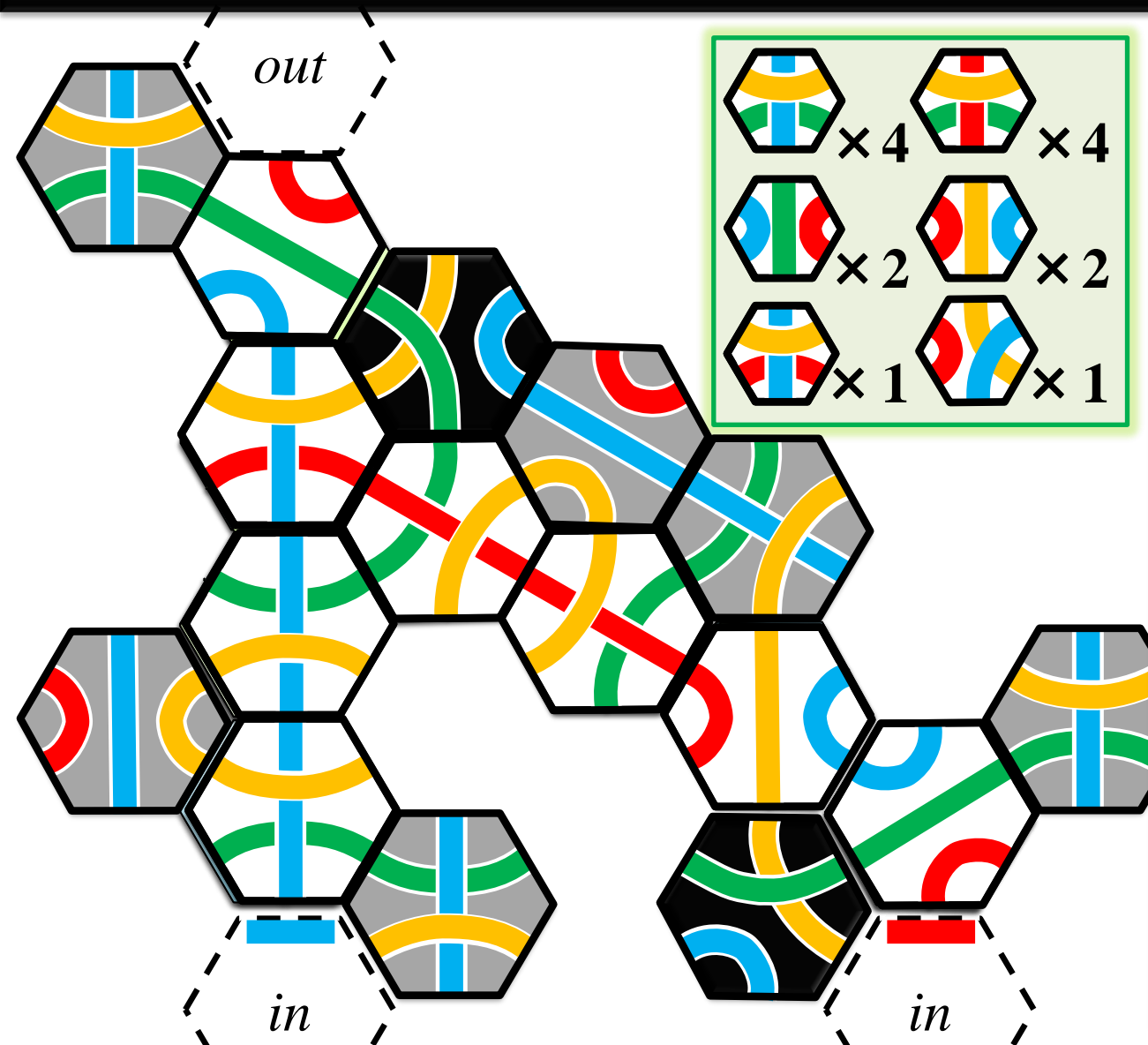




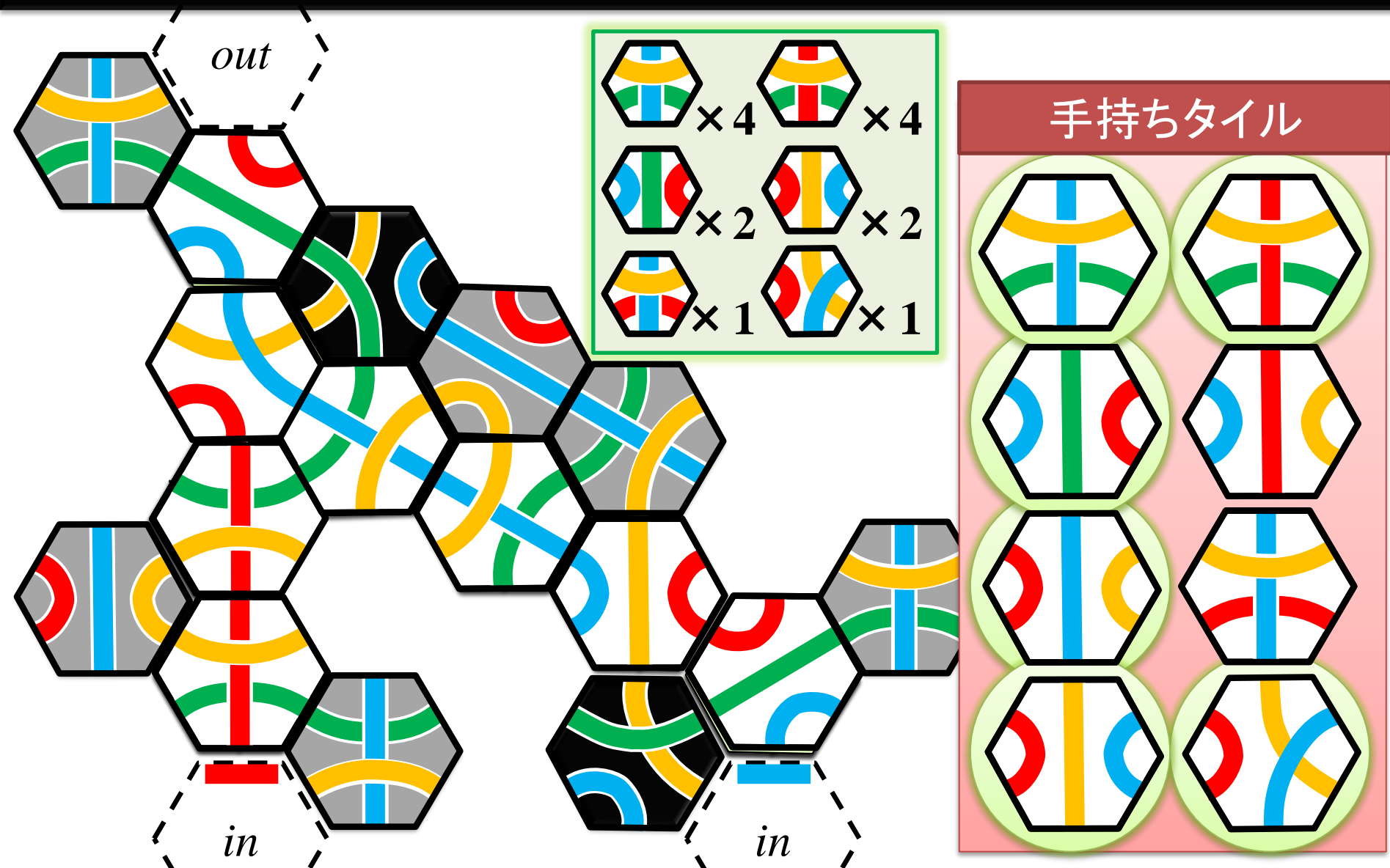
# AND部(真・真の場合)



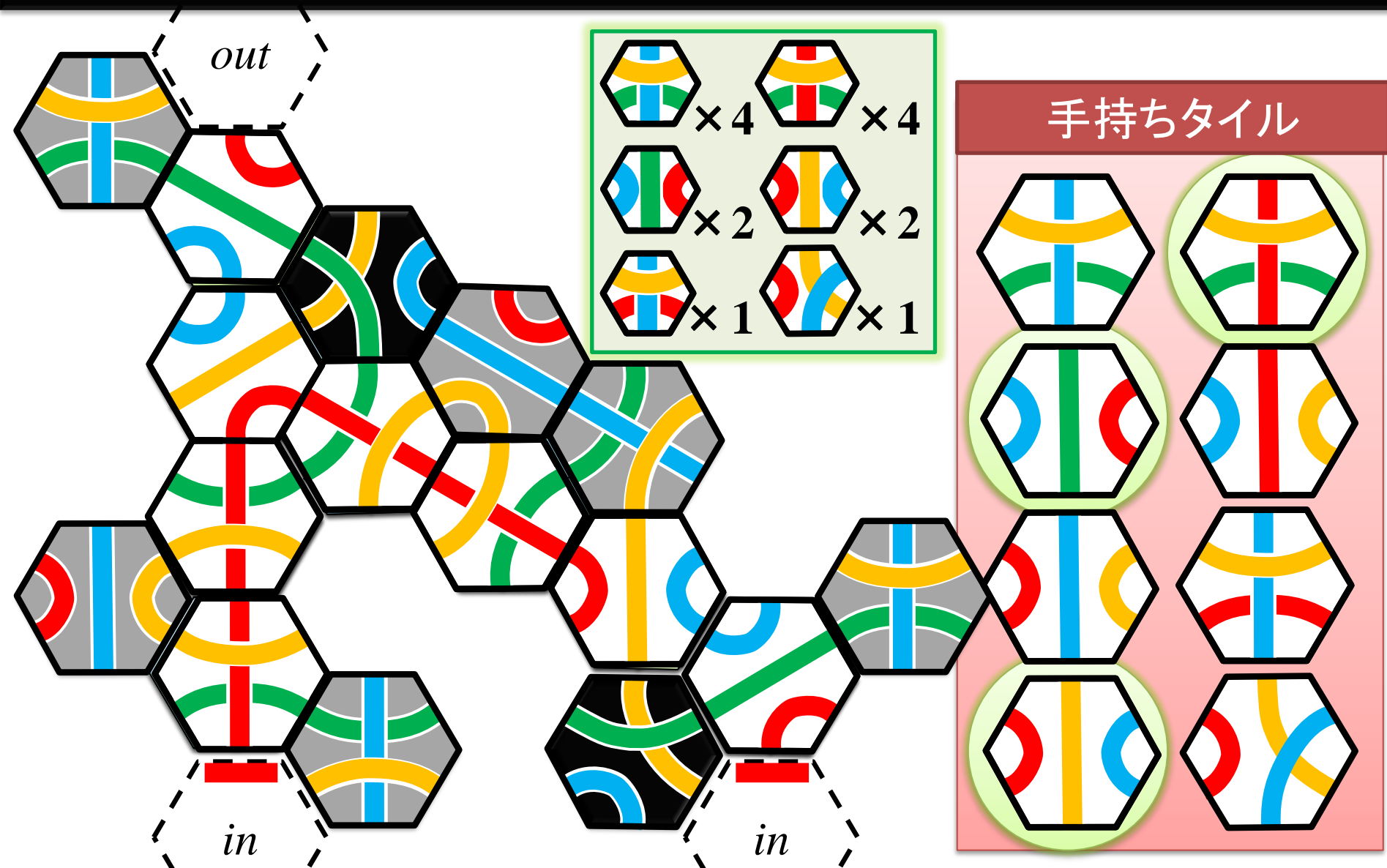
# AND部(偽・真の場合)



# AND部 (真・偽の場合)



# AND部(偽・偽の場合)

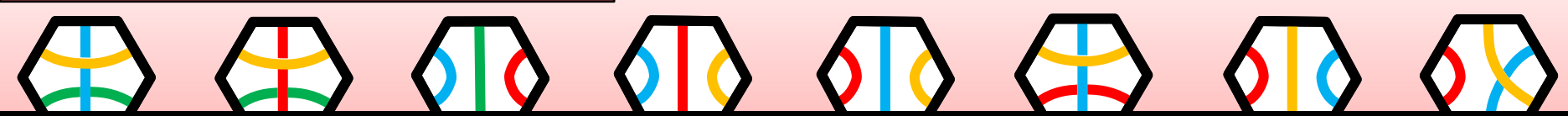
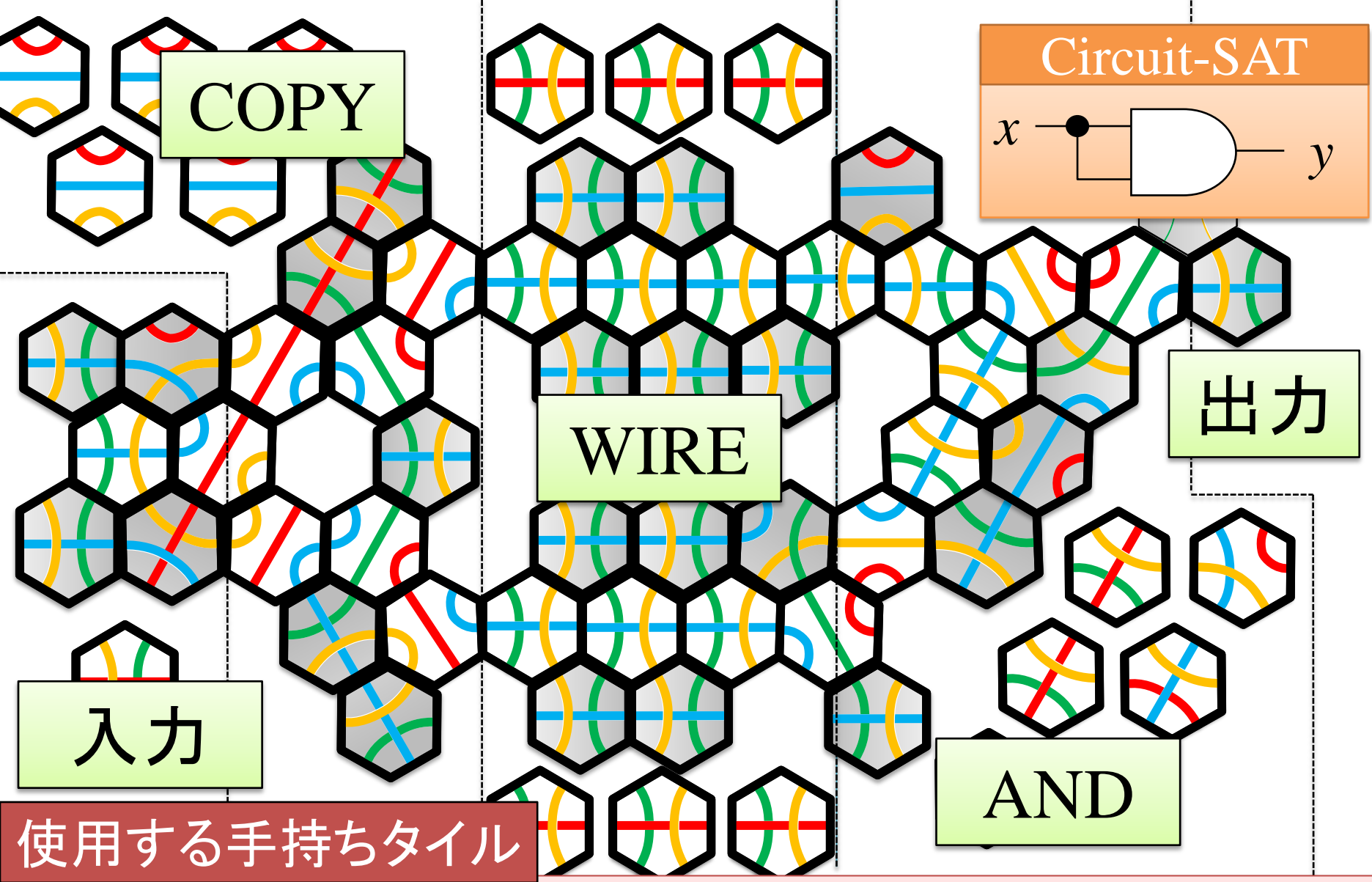


# 各部品で使用する手持ちタイル

WIRE部	●	●		▲						
入力部	●	●								
NOT部			●							
COPY部			●	▲	▲	●	●			
調整部			●	▲	▲	●	●			
AND部	●	●	●	●	●			●	●	●

●・・・その部品で使用するタイル

▲・・・AND部の構成で使用しない場合に配置できるタイル

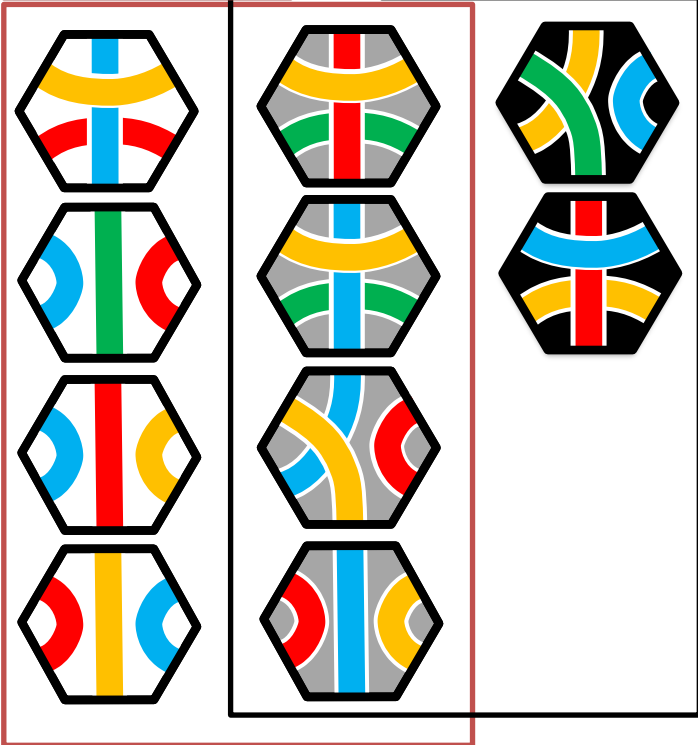


# まとめ

3種の路・10種の  
タイルに制限した場合

手持タイル

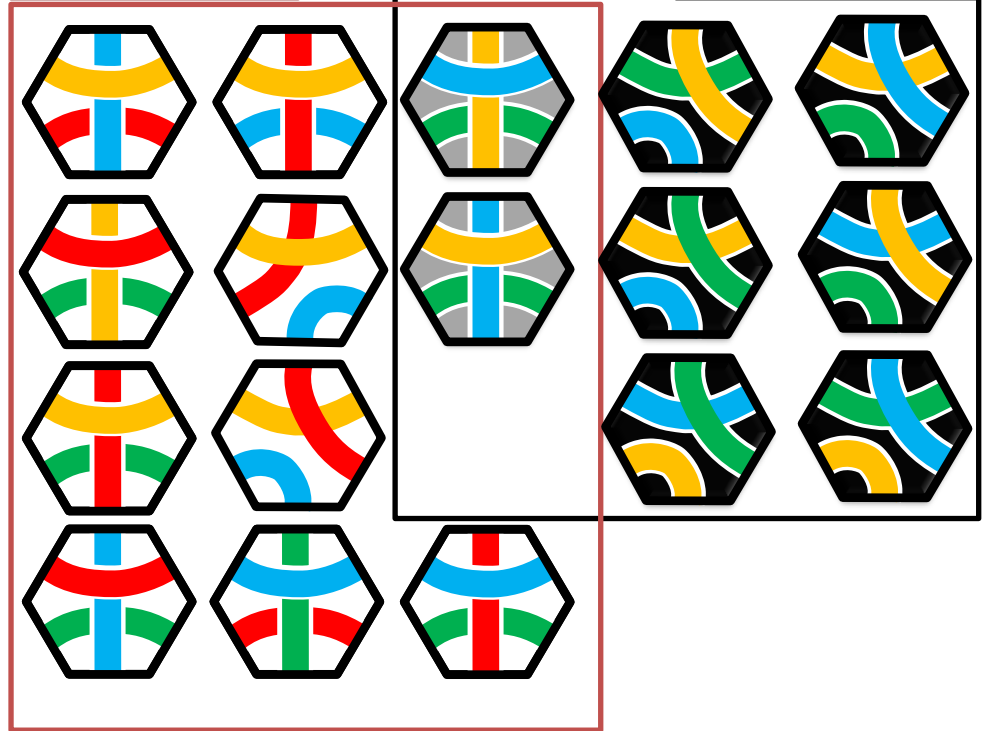
固定タイル



2種の路・17種の  
タイルに制限した場合

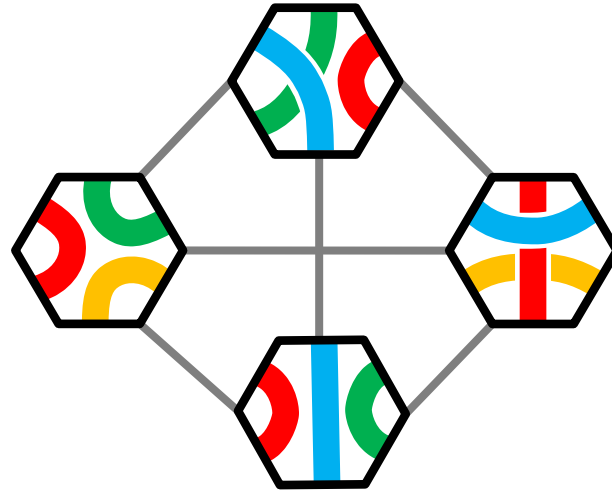
手持タイル

固定タイル



# 今後の課題

他のタイルの組み合わせ



さらにタイルの枚数・種類を削減

Tantrix DiscoveryのNP完全性の証明