

## 情報論理工学 研究室

第3回:  
ルール通りに動く



## ゲームAIの作成

- ゲームAI作成には何が必要か？
  - ルール通りに指せる・打てる
    - 合法手の中で強い手を選ぶ
  - プレイヤーの手が合法手か判定できる
  - 合法手を指した・打った後の局面を生成できる
  - 終了判定ができる
  - 得点計算・勝敗判定ができる

## ルール通りに指せる・打てる

- ルール通りに指せる・打てる
    - これができないとそもそもゲームにならない
      - 動かせない場所に駒を動かす
      - 打てない場所に石を打つ
      - 打てない駒・石を打つ
      - 取れない駒・石を取る
      - 手番では無いのに動く
      - 手番なのに動かない
- でもこれだけでも結構難しい

## ルールの例:リバーシ

	a	b	c	d	e	f	g	h
1								
2								
3				☆	⑤	☆		
4				○	○	④	☆	
5			③	○	○	①	☆	
6			⑥	②	☆	☆		
7			☆	☆	☆			
8								

- 敵石を挟める空マスにのみ自石を置く
  - 挟んだ敵石をひっくり返して自石にする
- 黒石を置けるのは  
☆の9か所

白c6まで

## ルールの例:リバーシ

	a	b	c	d	e	f	g	h
1								
2								
3				⑤				
4				④	④			
5			③	○	○	①		
6			⑥	②	⑦			
7			☆	☆	☆			

自石にぶつかれば  
間の石をひっくり返す

- 敵石を挟める空マスにのみ自石を置く
- 挟んだ敵石をひっくり返して自石にする

黒c6に置くと  
白石2個がひっくり返る

置いた石から  
8方向をチェック

空マスか盤端に  
ぶつかれば終了

白c6まで

## ルール違反の例

- ルール違反の例
    - 敵石を挟めない空きマスに打つ
    - 敵石を挟んでもひっくり返さない
    - 空いていないマスに打つ
    - 敵石を打つ
    - 自石をひっくり返す
    - すでに置いてある石を動かす・取る
    - 相手の手番で石を打つ
- うっかりするとそんなプログラムを作ってしまうかも...

### ルール違反の例:リバーシ

挟めるか  
チェック

この石が  
ひっくり返されない

ひっくり返した後  
他の方向のチェックを  
飛ばしてしまう  
↓  
挟んだのに  
ひっくり返されない  
石が出る

### ルール違反の例:リバーシ

挟めるか  
チェック

挟めるかだけを  
チェックして  
空きマスかのチェックを  
忘れる  
↓  
すでに石があるのに  
石を置いてしまう

### ルール違反の例:リバーシ

挟めるか  
チェック

端の石だけ挟めるかの  
チェックをして  
間の石のチェックを  
忘れる  
↓  
間にある白石を  
ひっくり返してしまう

### ルール違反の例:将棋

▲7四桂に対して  
△同歩とすると  
角に玉を取られる  
↓  
△7四同歩と  
差してはいけない

▲7四桂まで

### ルール違反の例:将棋

▲7四桂に対して  
△同歩とすると  
角に玉を取られる  
↓  
△7四同歩と  
差してはいけない

▲7一玉まで 合法手は△9二玉か△7一玉のみ  
(いずれにせよ▲8二金で詰み)

自ら王手にかかる手のチェックは見逃しがち

### ルール違反の例:将棋

▲2三歩まで  
打ち歩詰めなので反則

▲2三歩まで  
△2三同金と指せるので  
打ち歩詰めではない  
打ち歩詰め関連のチェックは結構難しい...

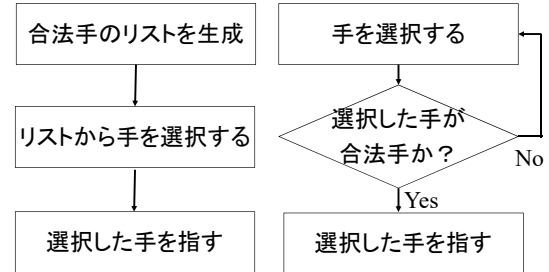
## 合法手の生成

- 合法手の生成
  - これができれば一応ゲームは可能
    - 合法手の中からプレイヤーが選択する
    - 合法手の中からランダムに選択する(ただし弱い)
- 合法手から手を選択
  - 強い手を選ぶのは難しい
    - ゲームごとに強い手は異なる
    - 同じゲームでも局面ごとに強い手は異なる

...なのでとりあえずは  
プレイヤーが手を選択することにする

## 合法手の選択

- 以下のどちらかで合法手を選択する



合法手無しの場合に注意！

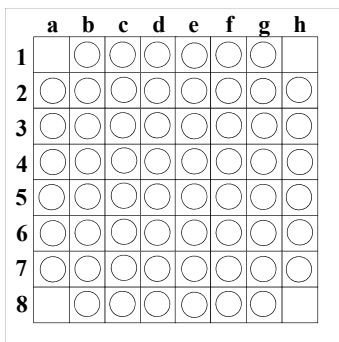
## 合法手生成・判定の注意点

- 合法手の生成・判定では以下の点に注意
  - 合法手があるのか？
    - 合法手がない場合にフリーズする可能性
  - パスはできるのか？
    - パス(何もしない)が合法手に含まれるのか？
  - 合法手だけを生成・判定しているか？
    - 合法手以外の手を合法手と判定していないか？
    - 合法手なのに合法手リストから漏れていないか？

## 合法手無し・パスの処理

ゲーム	合法手無しの場合の処理	パス
リバーシ	パス 双方パスならゲーム終了	合法手無しの場合のみ
7並べ	パス(3回まで) 4回目のパスは負け	いつでも可(3回まで)
大富豪	パス	いつでも可
チェス	ステールメイト(引き分け)	無し
将棋	規定無し(実戦ではまずありえない)	無し
囲碁	規定無し(実戦ではまずありえない)	いつでも可
連珠	規定無し(実戦ではまずありえない)	無し
バックギャモン	パス	合法手無しの場合のみ
チェッカー	負け	無し
麻雀	ありえない	無し

## 合法手無しの例:リバーシ



黒も白も  
打てる場所無し

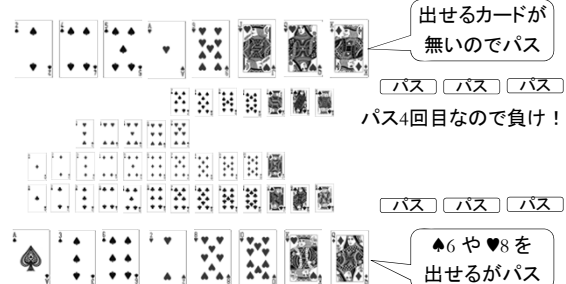


合法手無し

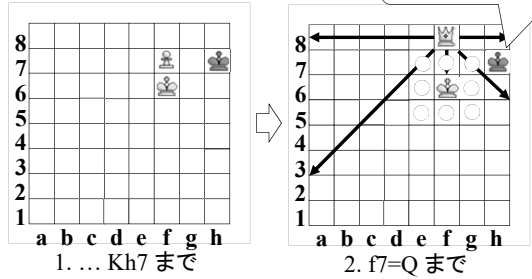
双方打てなくなれば  
ゲーム終了

## 合法手無しの例:7並べ

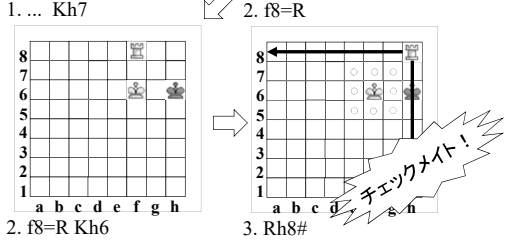
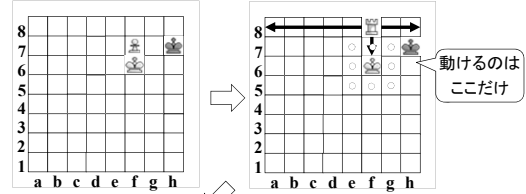
カードを出す代わりにパスしてもいい(3回まで)



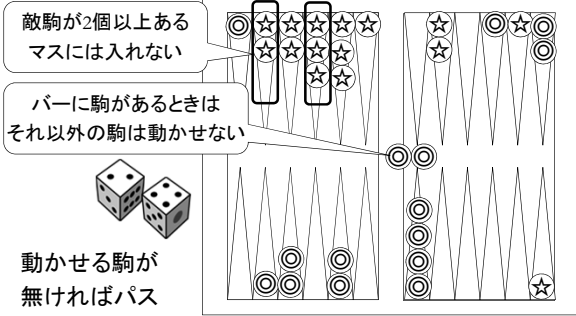
### 合法手無しの例:チェス



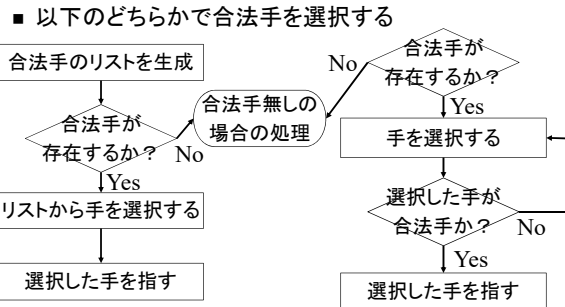
合法手無しはステールメイト(引き分け)



### 合法手無しの例:バックギャモン



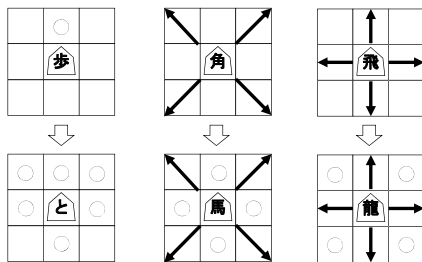
### 合法手の選択



合法手無しの場合の処理を忘れないこと

### 合法手からの漏れの例:将棋

歩角飛は成った方が強い



### コラム: 电脑戦での実戦例



### コラム: 电脑戦での実戦例

△2七同角不成  
Seleneは角不成を認識できず

△2七同角不成まで

### コラム: 电脑戦での実戦例

△2七同角不成  
Seleneは角不成を認識できず  
↓  
▲2二銀を指し王手放置で負け

▲2二銀まで

### コラム: プロの実戦例

1983年7月19日  
王位戦リーグ  
▲谷川名人  
△大山十五世名人

△6六玉まで

### コラム: プロの実戦例

角をあえて不成に

▲4三角引不成

▲4三角引不成まで

### コラム: プロの実戦例

この角が成っていると打ち歩詰め!

▲4三角引不成  
△5四歩  
▲6六銀打  
△同と  
▲同歩  
△5五玉  
▲5六歩

▲5六歩まで

### コラム: プロの実戦例

2008年7月11日  
順位戦B級1組  
▲杉本七段  
△渡辺竜王

▲1五香まで

### コラム:プロの実戦例

▲1五同角不成

打ち歩詰めになるので  
△1六歩が打てない!

▲1五同角不成まで

### コラム:プロの実戦例

▲1五同角成

もしも角が  
成っていると...

▲1五同角成まで

### コラム:プロの実戦例

▲1五同角成  
△1六歩  
▲同馬  
△同銀

馬を取られてしまう!

△1六同銀まで

### ゲーム終了の判定

ゲーム	ゲーム終了条件
リバーシ	双方石を置けるマスが無くなる
7並べ	全ての手札を場に出す
大富豪	全ての手札を場に出す
チェス	キングをチェックメイトする
将棋	玉を詰める
囲碁	双方がパスをする
連珠	5目並べる
バックギャモン	全ての駒がゴールする
チェッカー	相手の駒を全て取る
麻雀	和了型になる

ゲーム終了したら(あるなら)得点計算へ

### 終了判定の例:チェス

- キングをチェックメイトする
  - キングがチェックされている
  - 以下のどれもできない
    - キングを敵の利きから逃がす
    - チェックしてる駒を取る
    - 合い駒をする

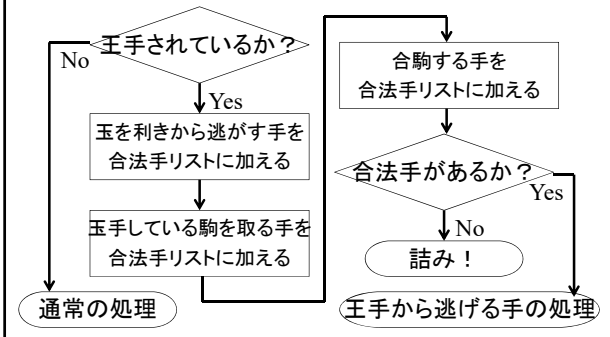
1. Qf4# まで

### 終了判定の例:将棋

- 玉を詰める
  - 玉が王手されている
  - 以下のどれもできない
    - 玉を敵の利きから逃がす
    - 王手してる駒を取る
    - 合い駒をする

▲2三金まで

### 終了判定の例:将棋



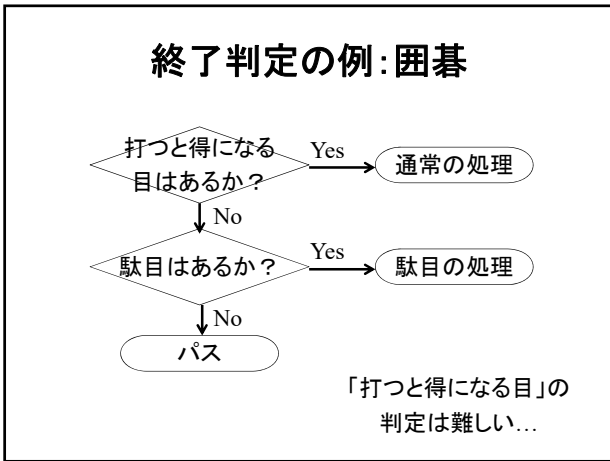
### 終了判定の例:囲碁

双方がパスをすれば終了

双方が「これ以上石を打つと損になる」

損になるかは地の計算で決まる

### 終了判定の例:囲碁



### 得点計算の例:囲碁

陣地(地)の大小で勝敗を決める

地: 自石で囲んだ目

☆ 黒8目  
✧ 白8目

### 得点計算の例:囲碁

陣地(地)の大小で勝敗を決める

☆ 黒17目  
✧ 白19目

### 得点計算の例:囲碁

陣地(地)の大小で勝敗を決める

△△は死石  
×は駄目

### 得点計算の例:囲碁

陣地(地)の大小で  
勝敗を決める

△△は死石  
×は駄目

☆△黒18+2目  
☆△白13+2目

### 得点計算の例:囲碁

どこが地？

黒1は殺せる  
⇒右辺は白地  
白2は殺せるかわからない  
⇒左辺は黒地ではない

地の計算には  
石の生死判定が  
必要

でも難しい...

### 終了判定の例:麻雀

#### ■ 麻雀の和了条件

- 和了形になる
  - 対子1組+面子(順子・刻子・槓子)4組
  - 対子7組
- 1翻以上の役がある

対子 順子 順子 槓子 刻子 栄牌

東 發 混全帯九 3翻3900点

### 得点計算の例:麻雀

同じ和了型でも得点が違う場合がある

自摸牌  
門前清自摸和 断幺九 平和 3翻2600点

自摸牌  
門前清自摸和 断幺九 2翻2000点

待ち牌により役が変わる

### 得点計算の例:麻雀

同じ和了型でも得点が違う場合がある

自摸牌  
門前清自摸和 混全帯九 平和 三色同順 6翻12000点

チー 自摸牌  
混全帯九 三色同順 2翻2000点

鳴きの有無により翻数が変わる

### ローカルルール

- ローカルルール
  - ゲームによってはローカルルールがある場合も  
⇒どのルールを採用するか決めておく必要あり



## ローカルルール例:大富豪

ルール	有無	ローカルルール	
ジョーカー	無し		
	有り	ジョーカー単独は最強(2より強い)	革命後は最弱 革命後も最強
		ジョーカー単独は2と同じ	革命後は3と同じ
		ジョーカー単独は最弱(3より弱い)	革命後は最強 革命後も最弱
革命	無し		
	有り	同一ターン中より強いカードで革命返し(5555→7777で革命返し) 同一ターン中より弱いカードで革命返し(5555→4444で革命返し)	
階段	無し		
	有り	次は1つ上の数字なら出せる(456の次に567を出せる) 次は1番上の数字より上の数字なら出せる(456の次は789以上)	

## ローカルルール例:麻雀

ルール	有り	無し
食い断	鳴いても断幺九は1翻役	鳴くと断幺九は役無し
完全先付け	聴牌時に1翻以上無いと和了できない	和了時に1翻以上あればいい
槓裏	槓ドラの裏も裏ドラ	槓ドラの裏は裏ドラではない
ダブルロン	両方と和	上家のみ和
2翻縛り	4連荘以上してるときは2翻以上無いと和了できない	
ダブル役満	国士無双13面待ち・九連宝燈9面待ちはダブル役満扱い	
古役	大車輪・紅朱雀・一筒海底撈月・五筒嶺上開花・二索槍槓 等	
ローカル役	三色一氣通貫・百万石・南北戦争・金門橋・四連刻・一色四順 等	

## ルールの不備

### ■ ゲームによってはルールに不備がある場合も

- 大抵はめったに起きない
  - めったに起きないが故にルールから漏れたとも言える

例:将棋で指せる手が無い  
持ち駒のある将棋ではそんなことはまずありえない

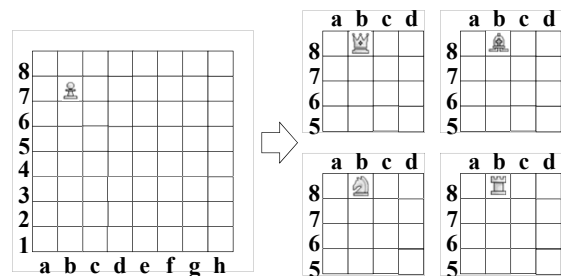
人間なら適当にルールを追加できるが  
計算機では対処できない

一応は考慮するべきか?(発生頻度による)

## ルールの不備の例:チェス

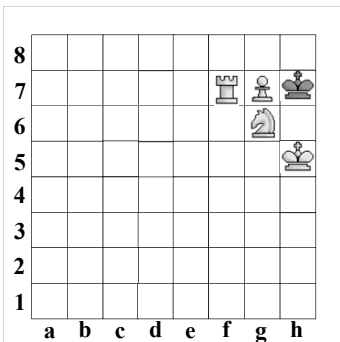
### ■ 昇格

- 最前列に到達したポーンはキング以外の任意の駒に成れる



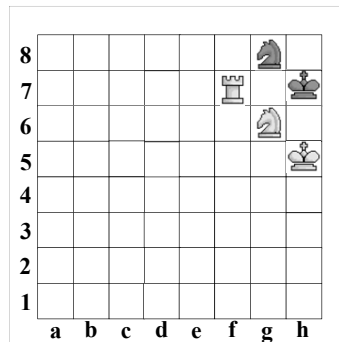
本当に任意の駒に成っていい?

## ルールの不備の例:チェス



Mate in 1 (Isaak Birbrager 1975)

## ルールの不備の例:チェス



1.g8=blackN# まで

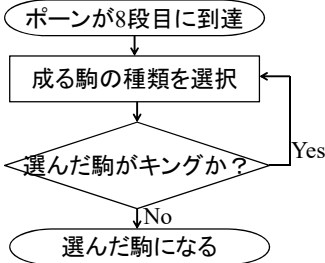
1. g8=blackN#??

敵の駒に成る!

でもそんなのあり?

## ルールの不備:チェス

ポーンが成れるのは自分の色の駒のみなのだが...

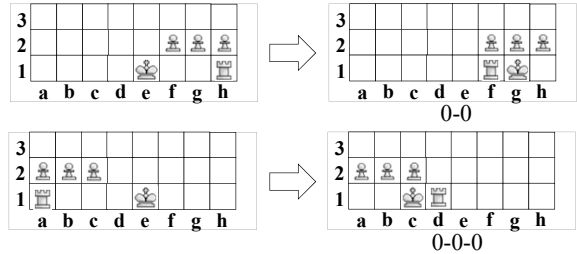


こんなフローチャートを組むと敵の駒に成れてしまう

## ルールの不備の例:チェス

### ■ キャスリング

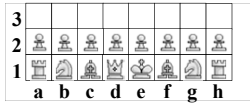
- キングとルークを1手で動かせる
- キングをルークに向けて2マス移動、ルークをキングの隣へ移動



## ルールの不備:チェス

### ■ キャスリングの条件

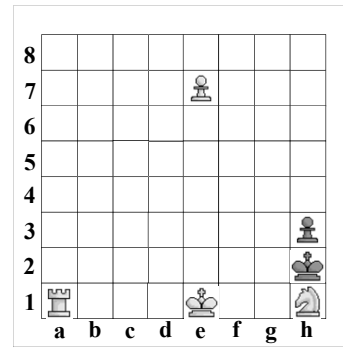
1. キングとキャスリングするルークが1度も動いていない
2. キングにチェックがかかっていない
3. キングが移動するマスに敵の駒の利きが無い
4. キングとキャスリングするルークの間に駒が無い
5. キングとルークが同じ段にある(1972年に追加)



初期配置では  
キングとルークは同じ段

条件1.から条件5.は  
自動的に満たせそうだが...

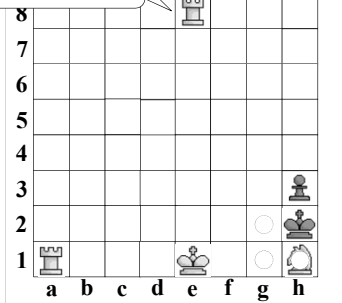
## ルールの不備の例:チェス



Mate in 2 (John Beasley, 1972)

## ルールの不備の例:チェス

クイーンに成らずに  
あえてルークに成る

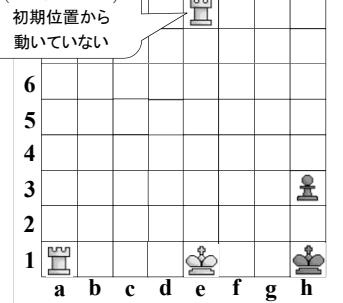


1. e8=R!?

1. e8=R まで

## ルールの不備の例:チェス

このルークは  
(ルークとしては)  
初期位置から  
動いていない

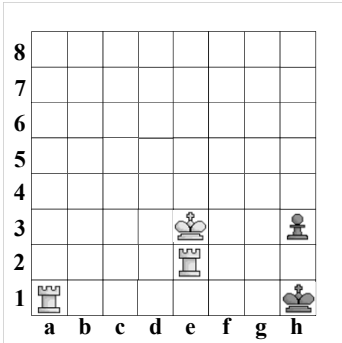


1. e8=R! ? Kxh1

キングとルークが  
初期位置から  
動いていないと  
いうことは...

1. e8=R, Kxh1 まで

## ルールの不備の例:チェス



1. e8=R!? Kh1
2. 0-0-0-0-0-0#!!

縦にキャスリングができてしまう!

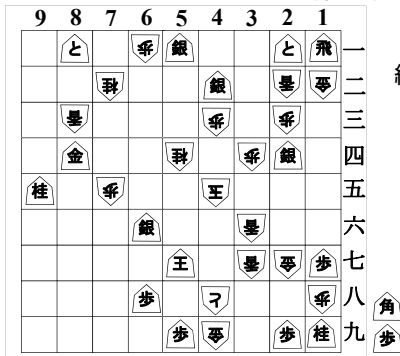
2. 0-0-0-0-0-0# まで

## ルールの不備:将棋

- 打ち歩詰め
  - 打歩で詰めてはいけない
- 千日手
  - 千日手は先手後手を入れ替えて指し直し
  - ただし連続王手の千日手の場合は王手を掛けた方が負け

この2つのルールが組み合わさると...?

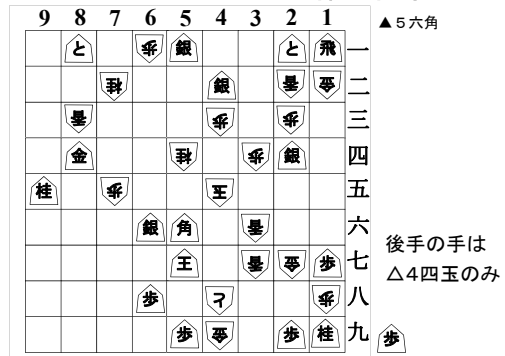
## ルールの不備:将棋



「最後の審判」  
縫田光司, 1997

69手詰(縫田光司, 1997)

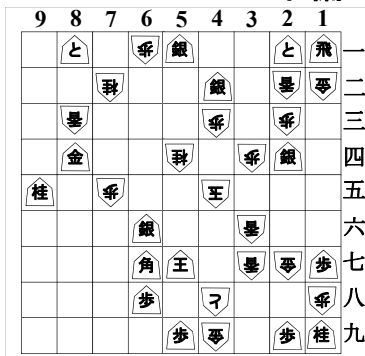
## ルールの不備:将棋



後手の手は  
△4四玉のみ

▲5六角まで

## ルールの不備:将棋

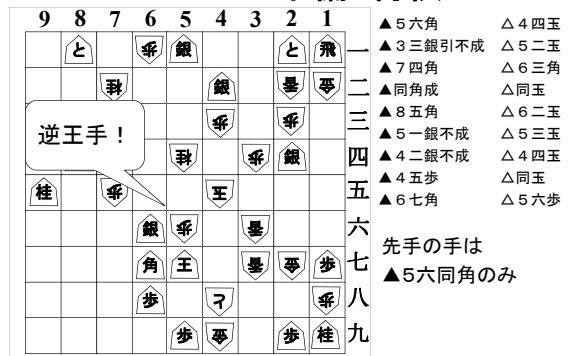


- ▲5六角
- ▲3三銀引不成
- ▲7四角
- ▲同角成
- ▲8五角
- ▲5一銀不成
- ▲4二銀不成
- ▲4五歩
- ▲6七角
- △4四玉
- △5二玉
- △6三角
- △同玉
- △6二玉
- △5三玉
- △4四玉
- △同玉

後手の手は  
△4四玉か  
△5六歩のみ  
△4四玉は早詰め

▲6七角まで

## ルールの不備:将棋



- ▲5六角
- ▲3三銀引不成
- ▲7四角
- ▲同角成
- ▲8五角
- ▲5一銀不成
- ▲4二銀不成
- ▲4五歩
- ▲6七角
- △4四玉
- △5二玉
- △6三角
- △同玉
- △6二玉
- △5三玉
- △4四玉
- △同玉

先手の手は  
▲5六同角のみ

△5六歩まで

### ルールの不備:将棋

▲5六角 △4四玉  
 ▲3三銀引不成 △5二玉  
 ▲7四角 △6三角  
 ▲同角成 △同玉  
 ▲8五角 △6二玉  
 ▲5一銀不成 △5三玉  
 ▲4二銀不成 △4四玉  
 ▲4五歩 △同玉  
 ▲6七角 △5六歩  
 ▲同角

この局面は  
1手目後と同一!

▲5六同角まで

### ルールの不備:将棋

▲5六角 △4四玉 ▲3三銀引不成 △5二玉 ▲7四角 △6三角  
 ▲同角成 △同玉 ▲8五角 △6二玉 ▲5一銀不成 △5三玉  
 ▲4二銀不成 △4四玉 ▲4五歩 △同玉 ▲6七角 △5六歩

3回ループ

### ルールの不備:将棋

先手の手は  
▲同角のみ

しかし角で取ると  
連続王手で負け!

角で取れない  
=詰み!

△5六歩は  
打ち歩詰め!

△5六歩まで

### ルールの不備:将棋

後手の手は  
△4四玉か  
△5六歩のみ

しかし△5六歩は  
打ち歩詰め

△4四玉しか  
指せない!

▲6七角まで

### ルールの不備:将棋

▲5六角 △4四玉  
 ▲3三銀引不成 △5二玉  
 ▲7四角 △6三角  
 ▲同角成 △同玉  
 ▲8五角 △6二玉  
 ▲5一銀不成 △5三玉  
 ▲4二銀不成 △4四玉  
 ▲4五歩 △同玉  
 ▲6七角 △5六歩

▲4四玉  
 ▲3三銀上不成 △3五玉  
 ▲2七桂 △2六玉  
 ▲1六金 △2七玉  
 ▲4九角 △同と  
 ▲2八金まで

本当にこれで  
ルールに合ってる?

▲2八金まで

### ルールの不備:将棋

- 以下の命題は決定不能
  - (日本将棋連盟のルールに無い)

「禁手(連続王手の千日手)でしか王手を外せない局面は『詰み』か?」

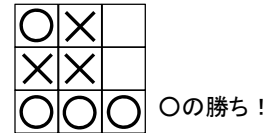
「最後の審判」では...  
 『詰み』の場合  
 打ち歩詰めになるので後手の負け  
 『詰み』ではない場合  
 連続王手の千日手になるので先手の負け

## 宿題: 合法手が無い場合の処理

- 自分の知っているゲームで合法手が無い場合にどのような処理をするか調べる
  - どういう場合に合法手が無くなるか
    - 置けるマスが無い
    - 動かせる駒が無い
    - 山札が全て無くなった
    - 手札が全て無くなった
  - パス是可以するのか？

## 宿題: 3目並べの作成

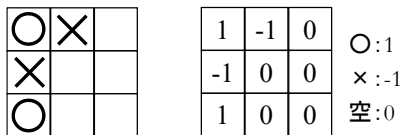
- Javaで3目並べを作る
  - 手の選択は人間がする
    - 合法手以外は再入力
  - O・Xが縦横斜めに3つ並べば勝ち
  - 全てのマスが埋まると引き分け



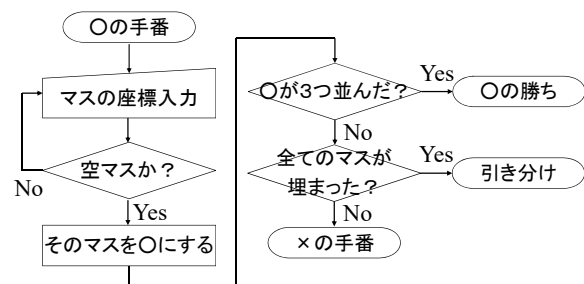
## 盤面の生成

- 盤面の生成
  - 盤面は2次元配列で作ればよい

`int A[][] = new int[3][3];`



## 3目並べのフローチャート



## 3目並べの勝利判定

- 盤面の勝利判定
  - 縦横斜めの各列でO・Xが3つ並んだか調べる

