

情報論理工学 研究室

第3回:
ルール通りに動く



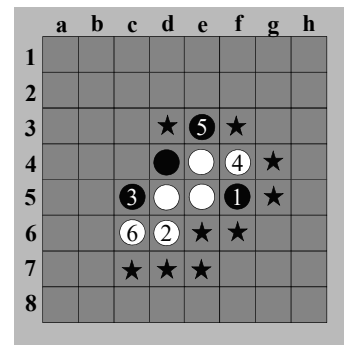
ゲームAIの作成

- 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

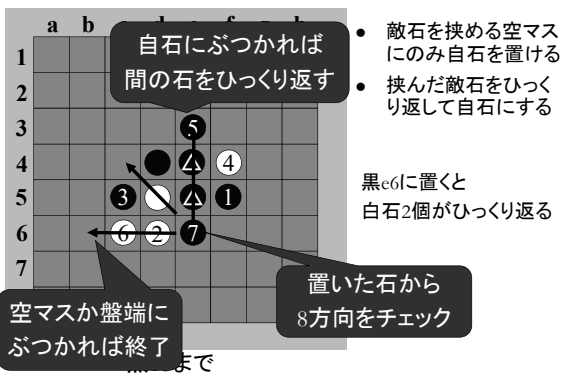
ルールの例:リバーシ



- 敵石を挟める空マスにのみ自石を置ける
 - 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



空マスか盤端にぶつかれば終了

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

挟めるか
チェック

▲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

挟めるか
チェック

▲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

挟めるか
チェック

▲2三歩まで
打ち歩詰めなので反則
打ち歩詰め関連のチェックは結構難しい...

▲2三歩まで
△2三同金と指せるので
打ち歩詰めではない

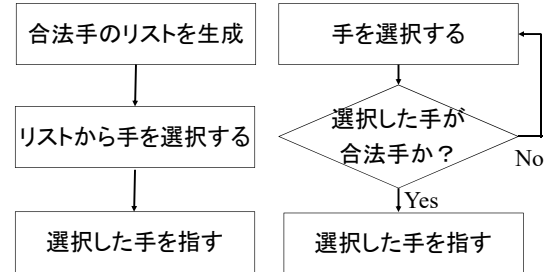
合法手の生成

- 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)

出せるカードが無いのでパス

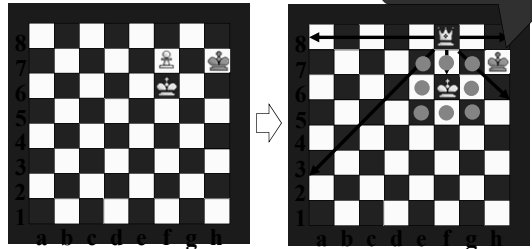
パス パス パス

パス4回目なので負け！

パス パス パス

♠6や♥8を出せるがパス

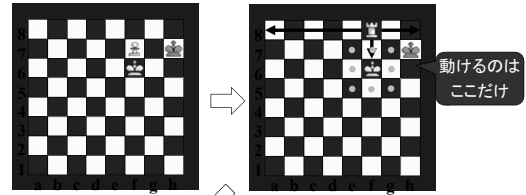
合法手無しの例:チェス



1. ... Kh7 まで

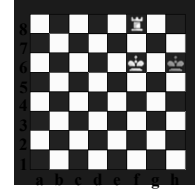
2. f7=Q まで

合法手無しはステールメイト(引き分け)

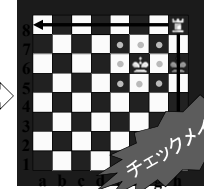


1. ... Kh7

2. f8=R



2. f8=R Kh6



3. Rh8#

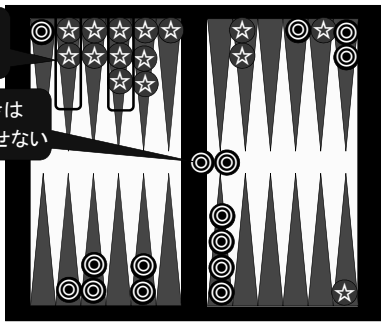
合法手無しの例:バックギャモン

敵駒が2個以上あるマスには入れない

バーに駒があるときはそれ以外の駒は動かせない

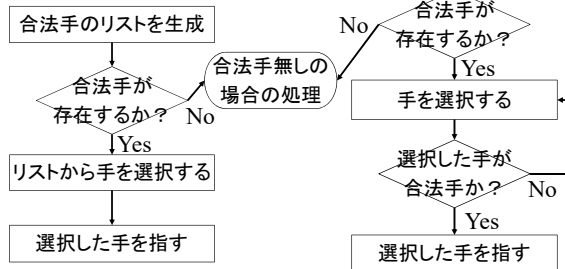


動かせる駒が無ければパス



合法手の選択

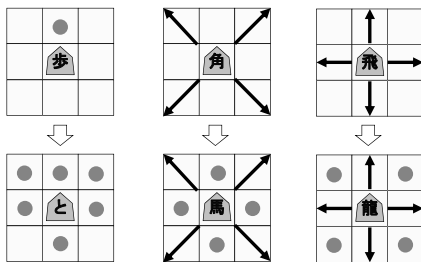
■ 以下のどちらかで合法手を選択する



合法手無しの場合の処理を忘れないこと

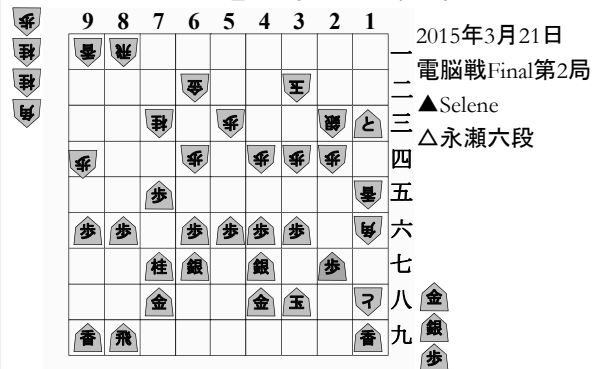
合法手からの漏れの例:将棋

歩角飛は成った方が強い



歩角飛の不成は忘れがちだが合法手

コラム: 电脑戦での実戦例



▲2七歩まで

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

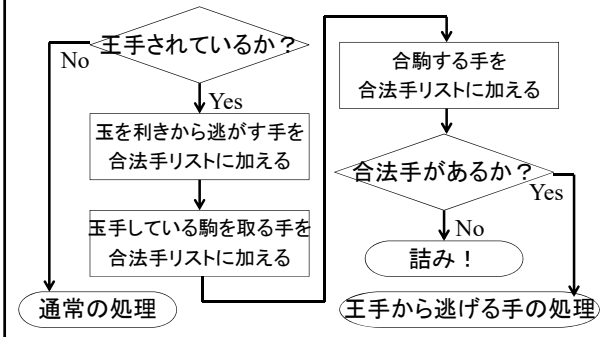
1. Qf4# まで

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



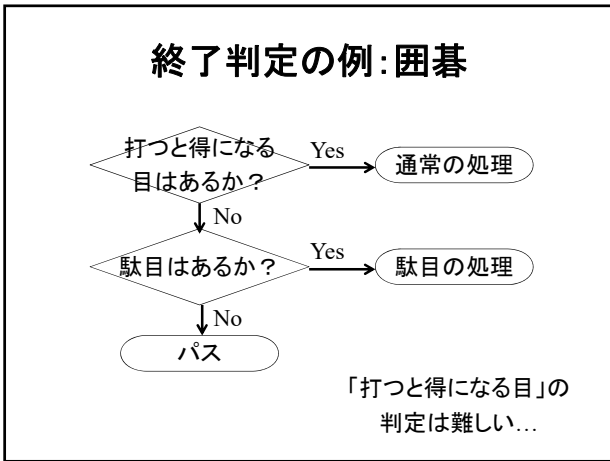
終了判定の例:囲碁

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

ローカルルールの例:大富豪

| ルール | 有無 | ローカルルール |
|-------|----|--------------------------------------------------------------------------|
| ジョーカー | 無し | 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 |
| | 有り | ジョーカー単独は2と同じ |
| | | 革命後は3と同じ 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) |

ローカルルールの例:麻雀

| ルール | 有り | 無し |
|-------|--------------------------------|---------------|
| 喰い断 | 鳴いても断么九は1翻役 | 鳴くと断么九は役無し |
| 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・二索搶槓 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

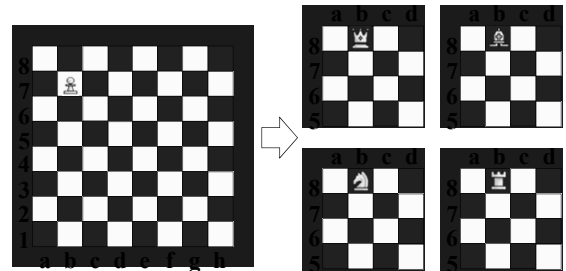
人間なら適当にルールを追加できるが
計算機では対処できない

↓
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

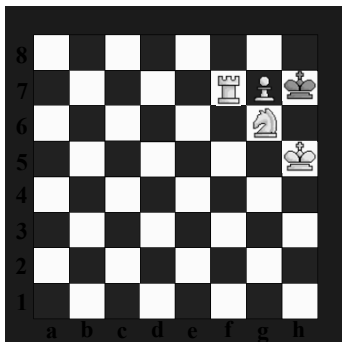
■ 昇格

- 最前列に到達したポーンはキング以外の任意の駒になれる



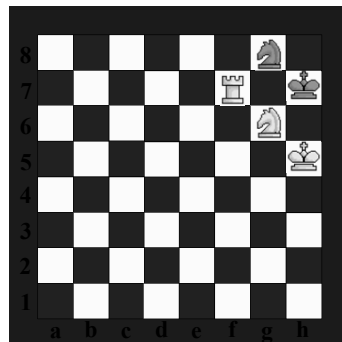
本当に任意の駒に成っていい?

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#??

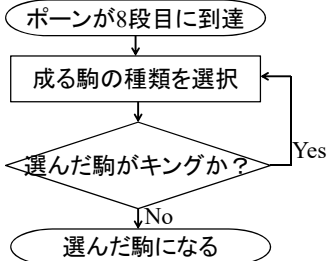
敵の駒に成る!

でもそんなのあり?

1.g8=blackN# まで

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...

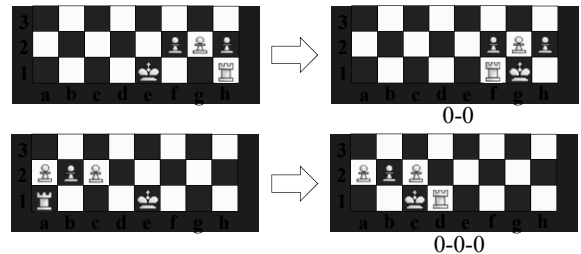


こんなフローチャートを組むと敵の駒に成れてしまう

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

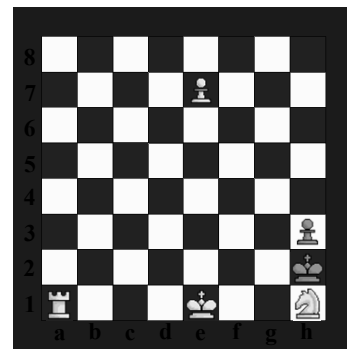
1. キングとキャスリングするルークが1度も動いていない
2. キングにチェックがかかっていない
3. キングが移動するマスに敵の駒の利きが無い
4. キングとキャスリングするルークの間に駒が無い
5. キングとルークが同じ段にある(1972年に追加)



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...

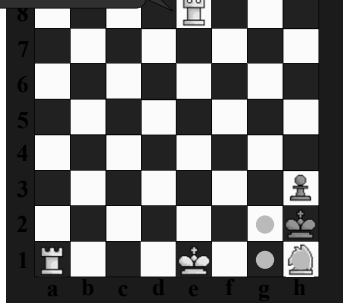
ルールの不備の例:チェス



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

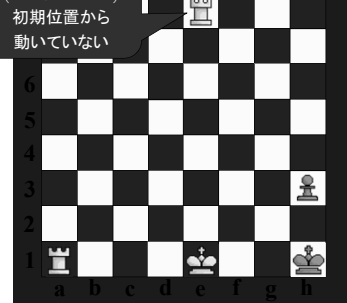


1. e8=R!?

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

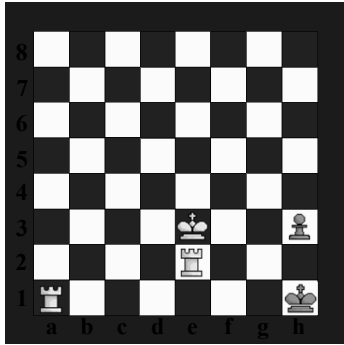


1. e8=R!?! Kxh1

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!

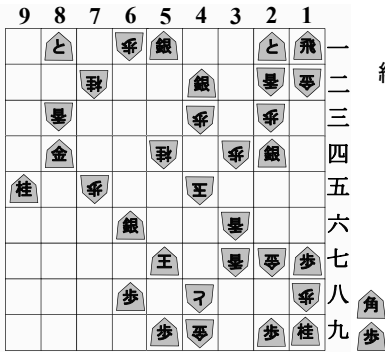
2. 0-0-0-0-0-0# まで

ルールの不備: 将棋

- 打ち歩詰め
 - 打ち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...?

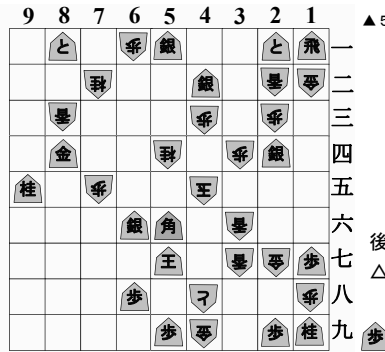
ルールの不備: 将棋



「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

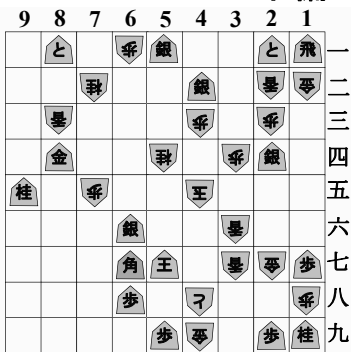


▲5六角

後手の手は
△4四玉のみ

▲5六角まで

ルールの不備: 将棋

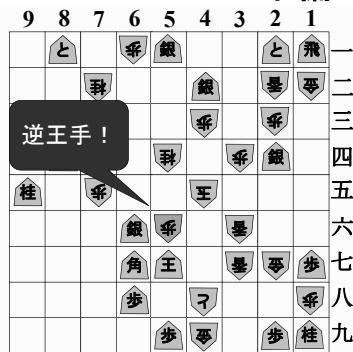


- ▲5六角
- ▲3三銀引不成
- ▲7四角
- ▲同角成
- ▲8五角
- ▲5一銀不成
- ▲4二銀不成
- ▲4五歩
- ▲6七角
- △4四玉
- △5二玉
- △6三角
- △同玉
- △6二玉
- △5三玉
- △4四玉
- △同玉

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
- △5六歩

先手の手は
▲5六同角のみ

△5六歩まで

ルールの不備:将棋

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 一 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 二 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 三 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 四 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 五 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 六 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 七 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 八 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 九 |

- ▲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
- ▲同角

- △4四玉
- △5二玉
- △6三角
- △同玉
- △6二玉
- △5三玉
- △4四玉
- △同玉
- △5六歩

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
- ▲同角成
- ▲4二銀不成

- △4四玉
- △同玉
- △4四玉

- ▲3三銀引不成
- ▲8五角
- ▲4五歩

- △5二玉
- △6二玉
- △同玉

- ▲7四角
- ▲5一銀不成
- ▲6七角

- △6三角
- △5三玉
- △5六歩

ルールの不備:将棋

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 一 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 二 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 三 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 四 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 五 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 六 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 七 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 八 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 九 |

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

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 一 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 二 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 三 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 四 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 五 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 六 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 七 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 八 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 九 |

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

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 一 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 二 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 三 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 四 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 五 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 六 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 七 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 八 |
| と | 歩 | 銀 | 金 | 王 | 馬 | 香 | 象 | 飛 | 九 |

- ▲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
- △5六歩

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

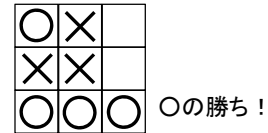
『詰み』ではない場合
連続王手の千日手になるので先手の負け

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

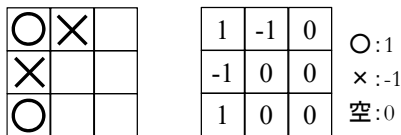
- Javaで3目並べを作る
 - 手の選択は人間がする
 - 合法手以外は再入力
 - O・Xが縦横斜めに3つ並べば勝ち
 - 全てのマスが埋まると引き分け



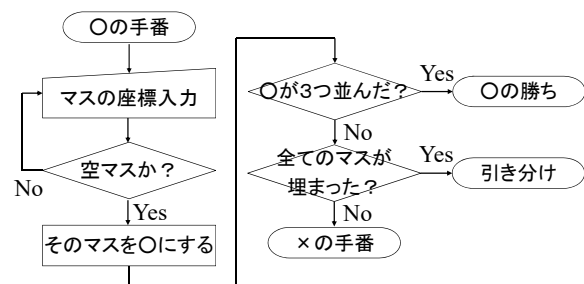
盤面の生成

- 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

