

情報論理工学 研究室

第10回
完全解析されたゲーム



ゲームの分類

分類			
人数	1人	2人	多人数
協力可能性	対決型		協力型
利得	零和		非零和
有限性	有限		無限
情報秘匿性	完全情報		不完全情報
確定性	確定		非確定
手番	順次型	同時型	反射型

2人零和有限確定完全情報ゲーム

- 人数: 2人でプレイ
- 零和: 双方の得点を足すと常に0
 - 得点するには相手から奪う必要あり
- 有限: 可能な局面の数が有限
 - 各手番で指せる・打てる手の数が有限
 - 有限時間内にゲームが終了する
- 確定: ランダム性が無い
- 完全情報: ゲームの情報は全て公開
 - 手札を隠したり山札から引いたりしない

2人零和有限確定完全 情報ゲームの特徴

- 2人零和確定有限完全情報ゲーム
 - 零和: 自分が得点する=相手から点を奪う

最善手: 自分にとって最大の利益が得られる手

零和なので最善手は自動的に
相手にとって最も嫌な手になる

3人以上だと
最大の利益が得られる手=最善手
とは限らない

2人零和有限確定完全 情報ゲームの勝敗

- 2人零和確定有限完全情報ゲーム
 - 勝敗は試合開始時に確定している

双方が最善手を指した場合、試合開始時にすでに
先手必勝・後手必勝・引き分けのいずれかが確定

しかし実際のゲームでどちらが勝つかは別問題

探索空間のサイズが膨大

可能な局面数

ゲーム	可能な局面数
チェッカー	10^{30}
リバーシ	10^{60}
チェス	10^{120}
将棋	10^{226}
囲碁	10^{360}

ちなみに地球全体の原子の数 10^{50} 個
⇒地球を全てを使っても全局面を列挙するのは不可能

将棋の局面数

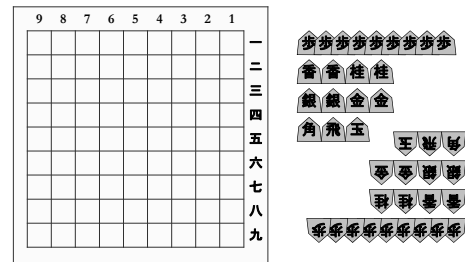
■ 将棋

- 終局までの平均手数: 115手
- 各局面での合法手数: 80通り
- ⇒ 可能な局面数は $80^{115} = 10^{226}$ 通り

ただし手順前後で同一となる局面を1つと数えると
可能な局面数は $10^{68} \sim 10^{69}$ 通りとなる[1]

[1] 篠田 正人, 将棋における実現可能局面数について,
IPSJ Symposium Series Vol.2008 No.11, (2008), pp.116-119,
<http://www.nara-wu.ac.jp/math/personal/shinoda/legal.pdf>

将棋の局面数



盤面 9×9マス

駒 40 枚

局面数 (駒の並べ方) は何通り?

将棋の局面数



2枚 81マスのどこか

それ以外の駒 38枚

(81マスのどこか or 持ち駒) × (先手 or 後手)

$$81^2 \times (82 \times 2)^{38} = 10^{88}$$

双方の玉に王手がかかっている、
同じマスに複数の駒がある等
あり得ない局面を除くと
可能な局面数は $10^{68} \sim 10^{69}$ 通り

完全解析されているゲーム

- 完全解析されているゲーム
 - 連珠 (先手勝ち)
 - チェッカー (引き分け)
 - コネクト4 (先手勝ち)
- ミニゲームが完全解析されているゲーム
 - 6x6リバーシ (後手勝ち)
 - 5路盤囲碁 (先手勝ち)
 - どうぶつしょうぎ (後手勝ち)
 - アンパンマンはじめてしょうぎ (引き分け)

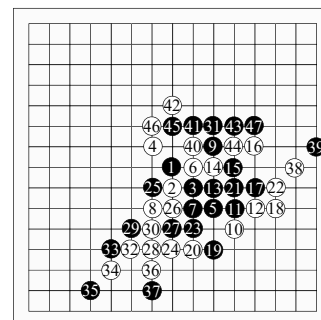
連珠の最善手

■ 連珠の最善手

- 双方最善手を打つと47手で先手が勝つ[1]

[1] Janos Wagner and Istvan Virag, Solving renju, ICGA Journal, Vol.24,
No.1, pp.30-35 (2001),
http://www.sze.hu/~gtakacs/download/wagnervirag_2001.pdf

連珠の最善手



43手目で黒の四三勝ち

連珠の最善手[1]

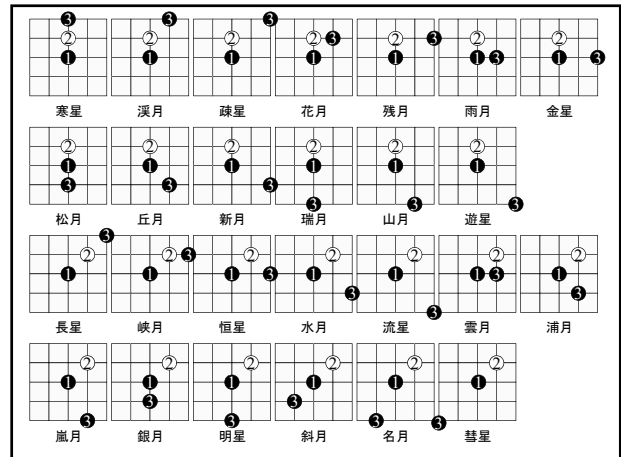
[1] Janos Wagner and Istvan Virag, (2001),

連珠の開局

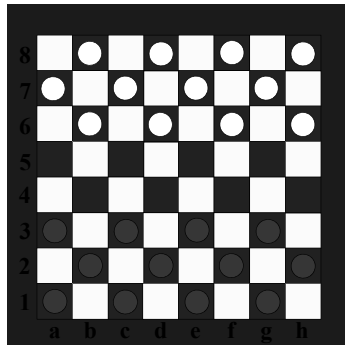
連珠はそのままでは先手必勝なので...

珠型交替打ち

1. 仮先手と仮後手を決める
2. 仮先手は珠型の一つを選ぶ
仮先手は3手目までを打つ
3. 仮後手は先手(黒)か後手(白)を選ぶ
4. 4手目白番から始める
珠型: 3手目まで置いた形 (全26種類)



チェッカー



- 駒は斜め前に移動できる
- 斜め前に1歩動く
 - 斜め前の敵駒を跳び越す
⇒ 跳び越した敵駒を取れる
連続ジャンプも可能
- 全ての敵駒を取れば勝ち

チェッカーの最善手

- チェッカーの最善手
 - チェッカーは双方最善手を指すと引き分けになる[1]

[1] Jonathan Schaeffer, Neil Burch, Yngvi Bjorsson, Akihiro Kishimoto, Martin Muller, Robert Lake, Paul Lu, and Steve Suphen, Checkers is solved, Science Vol.317, No.5844, pp.1518-1522 (2007), <http://www.sciencemag.org/content/317/5844/1518.full.pdf>

コネク4

- コネク4
 - 4目並べ



コネク4の最善手

- コネク4の最善手
 - コネク4は双方最善手を打つと41手で先手が勝つ [1]

[1] Victor Allis, A Knowledge-based Approach of Connect-Four, The Game is Solved: White Wins, Vrije Universiteit, Subfaculteit Wiskunde en Informatica, (1998) <http://www.informatik.uni-trier.de/~fernau/DSL0607/Masterthesis-Viergewinnt.pdf>

コネク4の最善手

33	34		15	38	39	30
32	28	41	5	37	21	22
29	23	40	4	36	13	19
26	20	31	3	35	12	18
25	17	27	2	24	11	14
16	9	10	1	7	8	6

41手で
先手勝ち

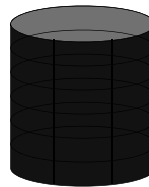
コネク4の最善手[1]

[1] Victor Allis, (1998)

コネク4のバリエーション

■ 筒型コネク4

- 左右がつながったコネク4



■ 横幅6の筒型コネク4

先手は「負けられない」[1]
先手はわざと負けようとしても
負けることができない

[1] Yoshiaki Yamaguchi and Todd W. Neller,

First Player's Cannot-Lose Strategies for Cylinder-Infinite-Connect-Four with Widths 2 and 6, (2015)

ミニリバーシの最善手

■ 6×6のミニリバーシ

- 双方最善手を打つと16対20で後手が勝つ[1]

[1] Joel Feinstein, Amenor Wins World 6x6 Championships!, Forty billion noted under the tree, pp.6-8, British Othello Federation's newsletter, (1993), <http://www.britisshotello.org.uk/fbnall.pdf>

ミニリバーシの最善手

30	29	12	15	16	32
25	26	5	6	17	31
11	10			4	7
20	3			1	8
18	23	2	13	14	9
21	24	19	27	22	28

黒16対白20で
後手勝ち

6x6 リバーシの最善手[1]

[1] Joel Feinstein, (1993),

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1						
2						
3			○	●		
4			●	○		
5						
6						

[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

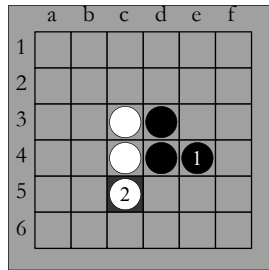
1:黒e4

	a	b	c	d	e	f
1						
2						
3			○	●		
4			●	●	1	
5						
6						

[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

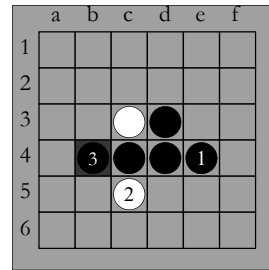
1:黒e4 2:白c5



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

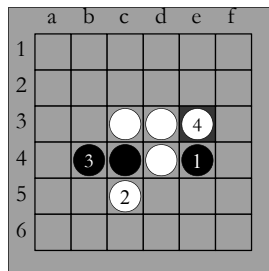
1:黒e4 2:白c5
3:黒b4



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

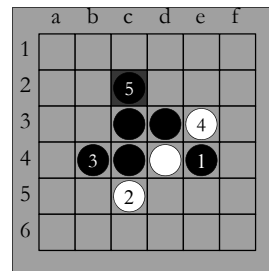
1:黒e4 2:白c5
3:黒b4 4:白e3



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

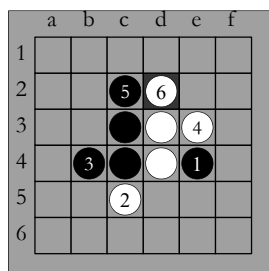
1:黒e4 2:白c5
3:黒b4 4:白e3
5:黒e2



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

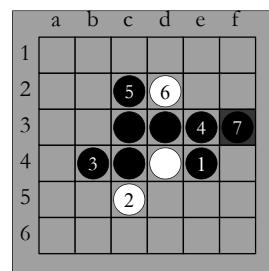
1:黒e4 2:白c5
3:黒b4 4:白e3
5:黒e2 6:白d2



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

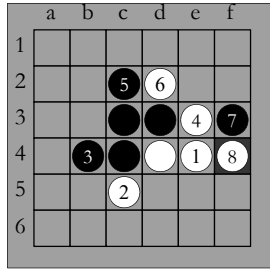
1:黒e4 2:白c5
3:黒b4 4:白e3
5:黒e2 6:白d2
7:黒c3



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

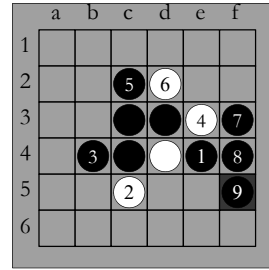
- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

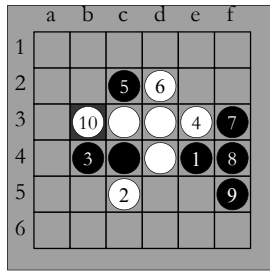
- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

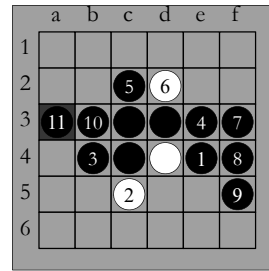
- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

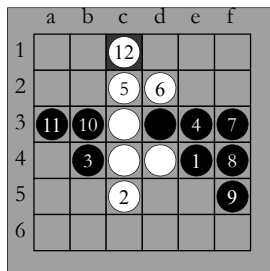
- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

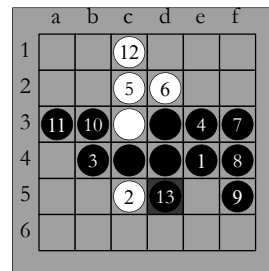
- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1



[1] Joel Feinstein, (1993)

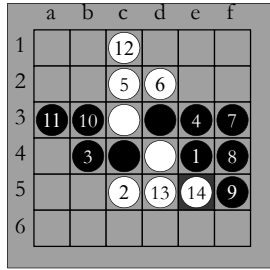
ミニリバーシの最善手

- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5



[1] Joel Feinstein, (1993)

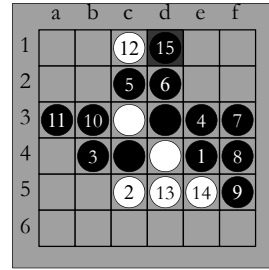
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5

[1] Joel Feinsein, (1993)

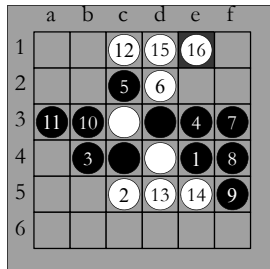
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1

[1] Joel Feinsein, (1993)

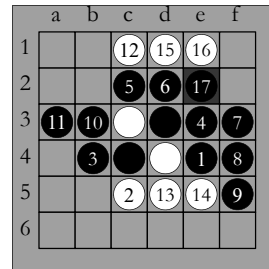
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1

[1] Joel Feinsein, (1993)

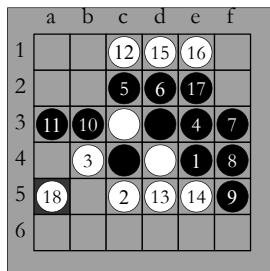
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2

[1] Joel Feinsein, (1993)

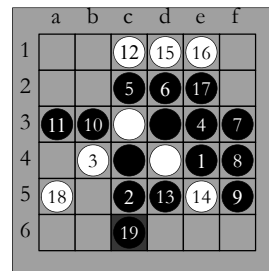
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5

[1] Joel Feinsein, (1993)

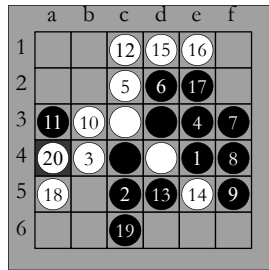
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6

[1] Joel Feinsein, (1993)

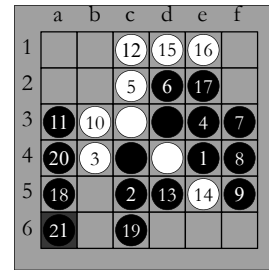
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4

[1] Joel Feinsein, (1993)

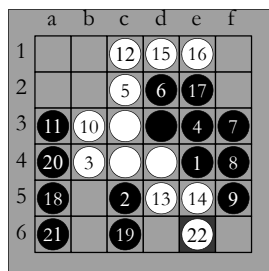
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4
- 21:黒a6

[1] Joel Feinsein, (1993)

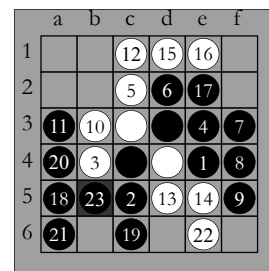
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4
- 21:黒a6 22:白c5

[1] Joel Feinsein, (1993)

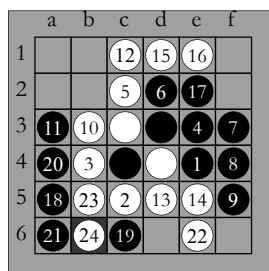
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4
- 21:黒a6 22:白c5
- 23:黒b5

[1] Joel Feinsein, (1993)

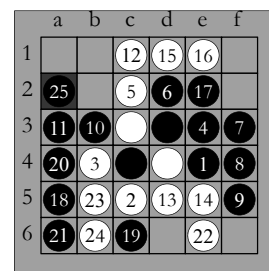
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4
- 21:黒a6 22:白c5
- 23:黒b5 24:白b5

[1] Joel Feinsein, (1993)

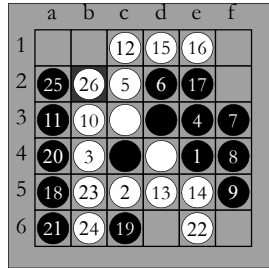
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4
- 21:黒a6 22:白c5
- 23:黒b5 24:白b5
- 25:黒a2

[1] Joel Feinsein, (1993)

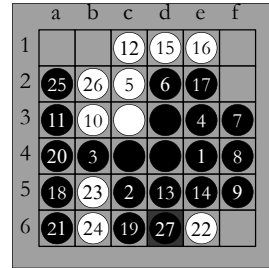
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4
- 21:黒a6 22:白c5
- 23:黒b5 24:白b5
- 25:黒a2 26:白b2

[1] Joel Feinstein, (1993)

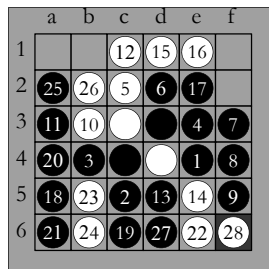
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4
- 21:黒a6 22:白c5
- 23:黒b5 24:白b5
- 25:黒a2 26:白b2
- 27:黒d6

[1] Joel Feinstein, (1993)

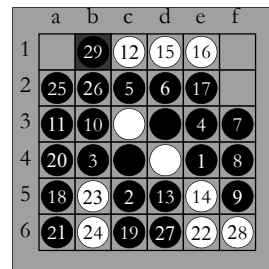
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4
- 21:黒a6 22:白c5
- 23:黒b5 24:白b5
- 25:黒a2 26:白b2
- 27:黒d6 28:白f6

[1] Joel Feinstein, (1993)

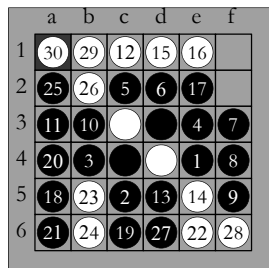
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4
- 21:黒a6 22:白c5
- 23:黒b5 24:白b5
- 25:黒a2 26:白b2
- 27:黒d6 28:白f6
- 29:黒b2

[1] Joel Feinstein, (1993)

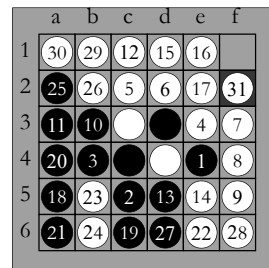
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4
- 21:黒a6 22:白c5
- 23:黒b5 24:白b5
- 25:黒a2 26:白b2
- 27:黒d6 28:白f6
- 29:黒b2 30:白a1

[1] Joel Feinstein, (1993)

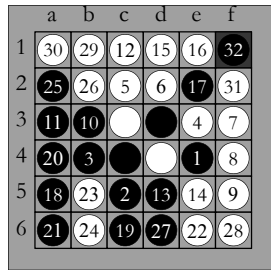
ミニリバーシの最善手



- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4
- 21:黒a6 22:白c5
- 23:黒b5 24:白b5
- 25:黒a2 26:白b2
- 27:黒d6 28:白f6
- 29:黒b2 30:白a1
- 31:白f2

[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手



黒16対白20で後手勝ち

[1] Joel Feinsein, (1993)

- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5
- 9:黒f5 10:白b3
- 11:黒a3 12:白c1
- 13:黒d5 14:白e5
- 15:黒d1 16:白e1
- 17:黒e2 18:白a5
- 19:黒c6 20:白a4
- 21:黒a6 22:白e5
- 23:黒b5 24:白b5
- 25:黒a2 26:白b2
- 27:黒d6 28:白f6
- 29:黒b2 30:白a1
- 31:白f2 32:黒f1

ミニリバーシの勝敗

ミニリバーシの完全解析結果 [1]

初期配置	サイズ	勝敗	石数
	4×4	後手勝ち	黒3 白11
	4×6	先手勝ち	黒20 白4
	4×8	先手勝ち	黒28 白0
	4×10	先手勝ち	黒39 白0
	6×6	後手勝ち	黒16 白20

[1] 竹下拓輝, 池田諭, 坂本真人, 伊藤隆夫,
縮小盤オセロにおける完全解析,
情報処理学会九州支部火の国情報シンポジウム, No.1A-2, pp.1-6 (2015)
<https://www.ipsj-kyushu.jp/page/ronbun/hinokuni/1004/1A/1A-2.pdf>

ミニリバーシの勝敗

ミニリバーシの完全解析結果 [1]

初期配置	サイズ	勝敗	石数
	4×4	後手勝ち	黒6 白9
	4×6	先手勝ち	黒21 白3
	4×8	先手勝ち	黒28 白0
	4×10	先手勝ち	黒32 白0
	6×6	後手勝ち	黒17 白19

[1] 竹下拓輝, 池田諭, 坂本真人, 伊藤隆夫,
縮小盤オセロにおける完全解析,
情報処理学会九州支部火の国情報シンポジウム, No.1A-2, pp.1-6 (2015)
<https://www.ipsj-kyushu.jp/page/ronbun/hinokuni/1004/1A/1A-2.pdf>

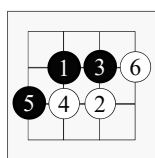
ミニ囲碁の最善手

- 4×4のミニ囲碁
 - 双方最善手を打つと引き分けになる[1]
- 5×5のミニ囲碁
 - 双方最善手を打つと黒の24目勝ちになる[2]

[1] 清慎一, 川嶋俊, 探索プログラムによる四路盤囲碁の解,
研究報告ゲーム情報学(GI), Vol. 2000-GI-004, pp.69-76,
情報処理学会, (2000), <http://id.nii.ac.jp/1001/00058633/>

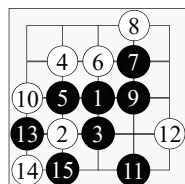
[2] Eric C.D. van der Welf, H.Jaap van den Herik, and Jos W.H.M.Uiterwijk,
Solving Go on Small Boards, ICGA Journal, Vol.26, No.2, pp.92-107 (2003).

ミニ囲碁の最善手



4路盤囲碁の最善手[1]

引き分け

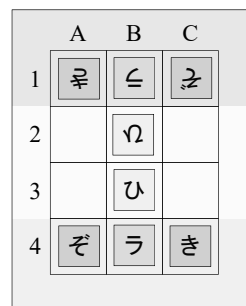


5路盤囲碁の最善手[2]

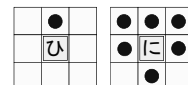
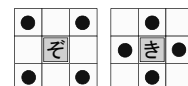
黒の24目勝ち

[1] 清慎一ら, (2000).
[2] Eric C.D. van der Welf, et.al (2003).

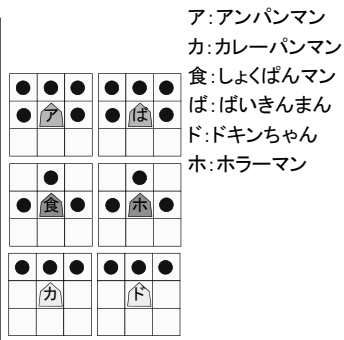
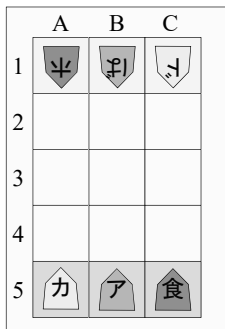
ミニ将棋: どうぶつしょうぎ



ラ:ライオン
ぞ:ぞう
き:キリン
ひ:ひよこ
に:にわとり



ミニ将棋:アンパンマンはじめてしょうぎ



駒は取り捨て

ア:アンパンマン
カ:カレーパンマン
食:しょくぱんまん
ば:ばいきんまん
ド:ドキンちゃん
ホ:ホラーマン

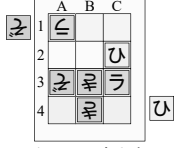
ミニ将棋の最善手

- どうぶつしょうぎ
 - 双方最善手を指すと78手で後手が勝つ[1]
- アンパンマンはじめてしょうぎ
 - 双方最善手を指すと引き分けになる[2]

[1] 田中哲郎,「どうぶつしょうぎ」の完全解析, 情報処理学会研究報告, Vol.2009-GI-22 No.3, pp.1-8, (2009), <http://id.nii.ac.jp/1001/00062415/>
[2] 塩田好, 石水隆, 山本博史,「アンパンマンはじめてしょうぎ」の完全解析, 2013年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, (2013), <http://id.nii.ac.jp/1001/00096792/>

どうぶつしょうぎの最善手

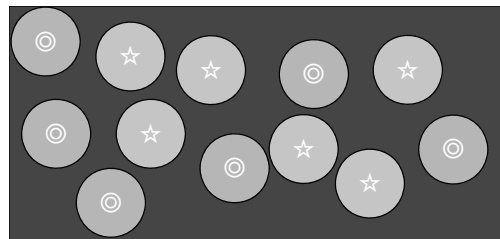
- | | | | | | |
|------|------|------|-------|------|-------|
| ▲C3き | △A2き | ▲C3ぞ | △A1ラ | ▲C4ラ | △B3き |
| ▲C4き | △B3ひ | ▲B4ぞ | △B3ひ | ▲同ラ | △B1ラ |
| ▲同ぞ | △B2ぞ | ▲C3ぞ | △B1ラ | ▲C1き | △A1ラ |
| ▲A2ぞ | △同ラ | ▲A3ひ | △A1き | ▲C2き | △B1ひ |
| ▲B3き | △C2ぞ | ▲B4ぞ | △B4ひ成 | ▲C4ラ | △B2ひ |
| ▲B2き | △同ラ | ▲同ラ | △B3ぞ打 | ▲同き | △同き |
| ▲A3ぞ | △A2ラ | ▲C3き | △B2ラ | ▲C2ひ | △B4き |
| ▲C3き | △B2ひ | ▲C2き | △同ラ | ▲C3ラ | △B3き上 |
| ▲同ぞ | △同ラ | ▲C3ひ | △B2ラ | | |
| ▲B3ひ | △B1ラ | ▲C1ぞ | △同ラ | | |
| ▲A3ラ | △A2き | ▲B3ラ | △B1ラ | | |
| ▲B4ラ | △A3ぞ | ▲C2ぞ | △C1ラ | | |
| ▲A4ラ | △C1ラ | ▲A2ひ | △B2き | | |
| ▲C4き | △B2ぞ | ▲B4ラ | △A2き直 | | |
| ▲B2ひ | △同ラ | ▲B3ぞ | △A3ぞ | | |



76手目 △B2き上まで

無限ゲームの例:テーブルとコイン

テーブルに他のコインに触れないように交互にコインを置く
コインが置けなくなると負け

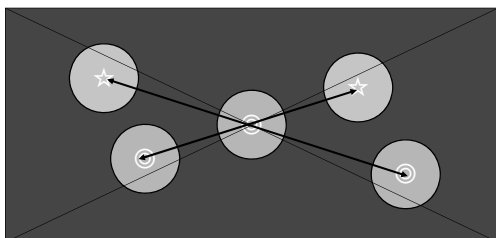


コインを置ける位置は連続的=可能な局面数は無限

テーブルとコインの最善手

テーブルとコインは先手必勝

- ◆ 初手は中央に置く
- ◆ それ以降は、後手が置いた位置の点対象な位置に置く



点対象な位置は必ず空いている

チェス

チェスの駒は取り捨て

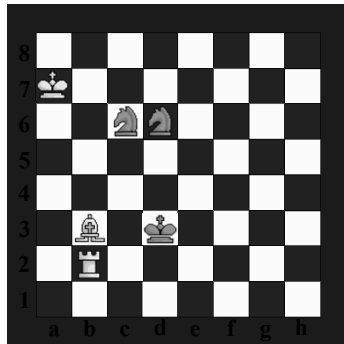
⇒ゲームが進むと盤上の駒が減っていく

⇒駒の数が少なければ完全解析可能

現在、敵味方合わせて駒が6個以下の場合には
完全解析されている[1]

[1] Kirill Kryukov, Endgame Tablebases Online, 6-men endgame analysis free for everyone, 2013, <http://kirill-kryukov.com/chess/tablebases-online/>

チェス:解析済の局面の例



白番

この局面は
白勝ちだが...

なんと 238 手詰め!

チェスの終盤定跡とは
全く違う手順で詰む

課題

- 以下のテーマから1つ選び調査してください
 - 12月21日(水) 2限 発表 (5分~10分)
 - 1月11日(水) 17:00 報告書提出
 - チェス・将棋・囲碁等の強いソフト
 - チェス・将棋・囲碁等の着手選択法
 - コンピュータチェス・将棋・囲碁の歴史
 - 完全解析されているゲーム
 - 並列計算機にはどのようなものがあるか
 - LANを用いた仮想計算機
 - クラスタ処理・グリッド処理
 - その他

卒研ゼミは
ひとまずここまで

続きは4年生の
卒研で

