

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

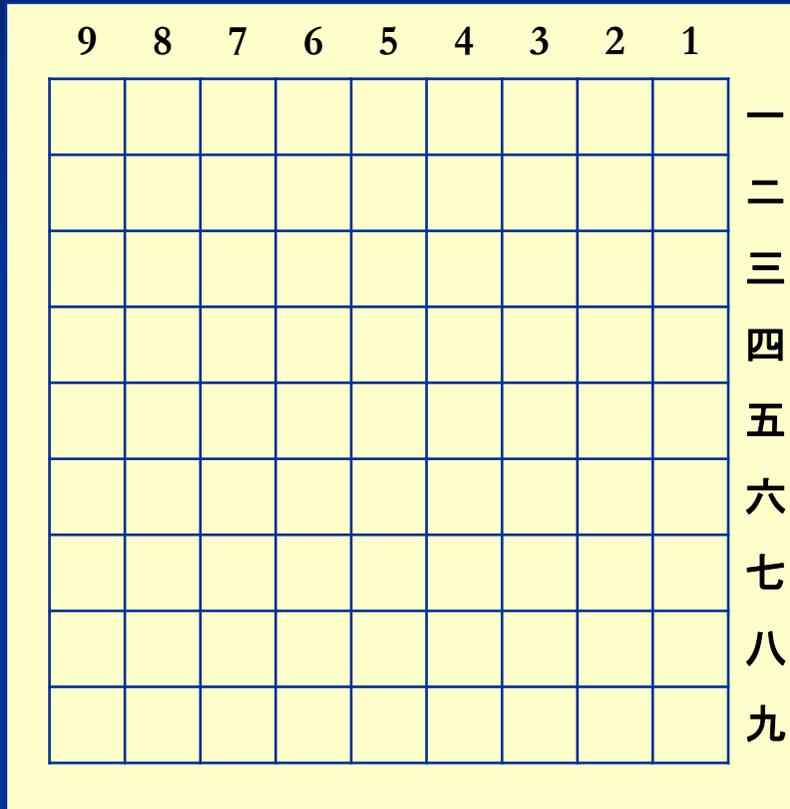
- 各局面での合法手数: 80通り

⇒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,
IP SJ 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

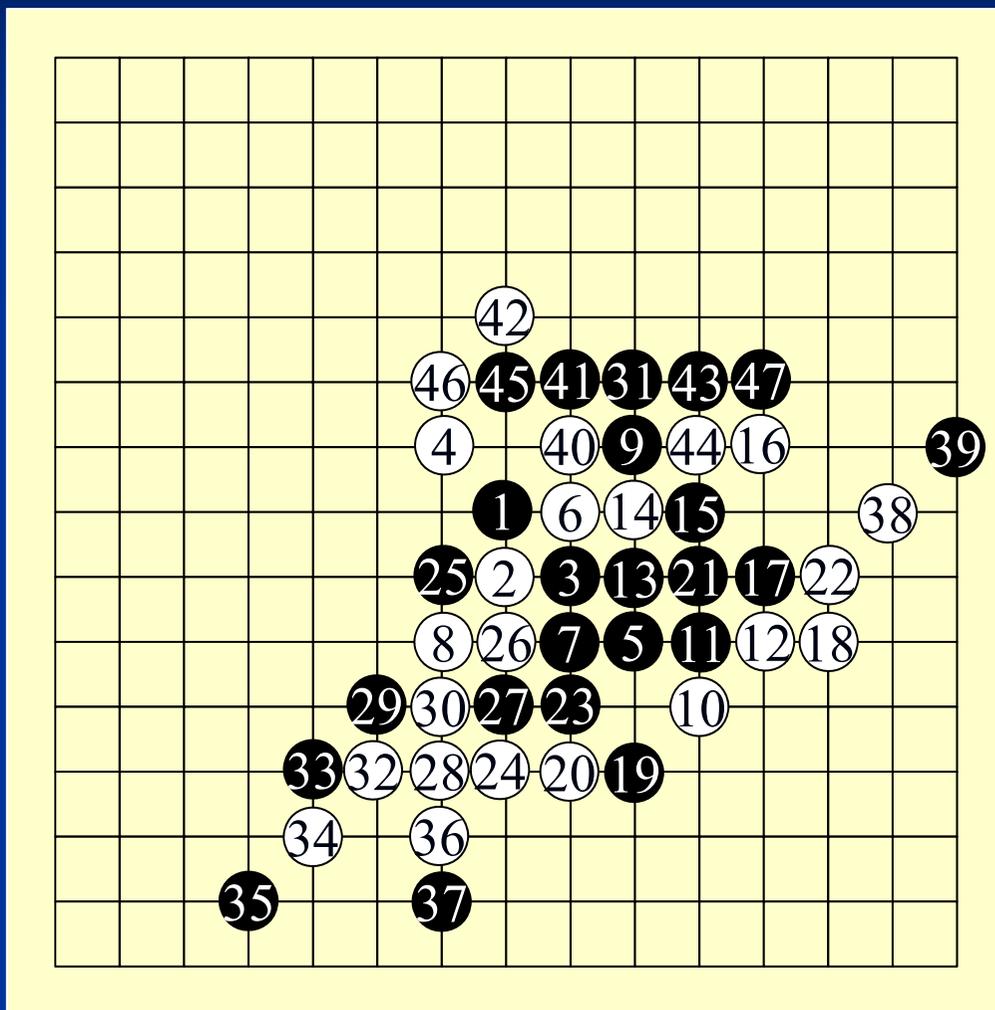
- 完全解析されているゲーム
 - 連珠 (先手勝ち)
 - チェッカー (引き分け)
 - コネクト4 (先手勝ち)
- ミニゲームが完全解析されているゲーム
 - 6x6リバーシ (後手勝ち)
 - 5路盤囲碁 (先手勝ち)
 - どうぶつしょうぎ (後手勝ち)
 - アンパンマンはじめてしょうぎ (引き分け)

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),

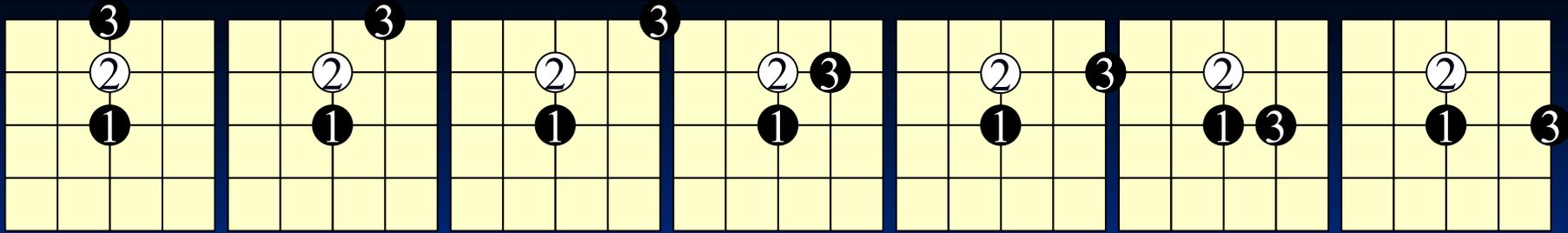
連珠の開局

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)



寒星

溪月

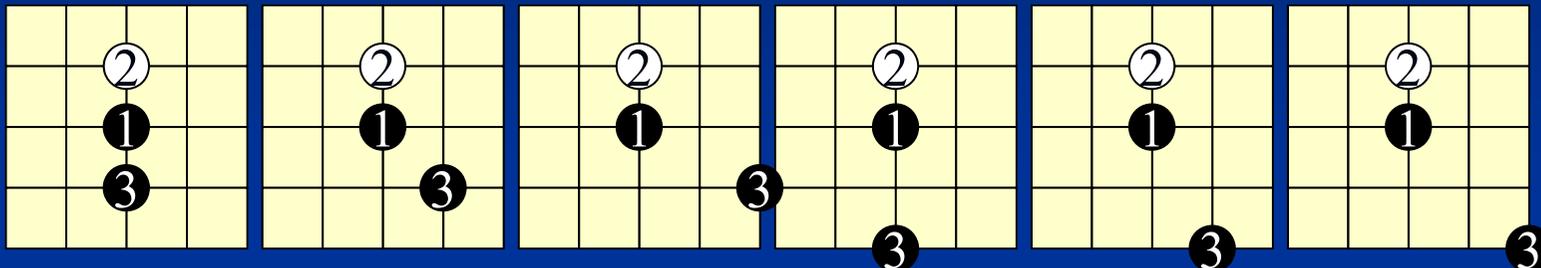
疎星

花月

残月

雨月

金星



松月

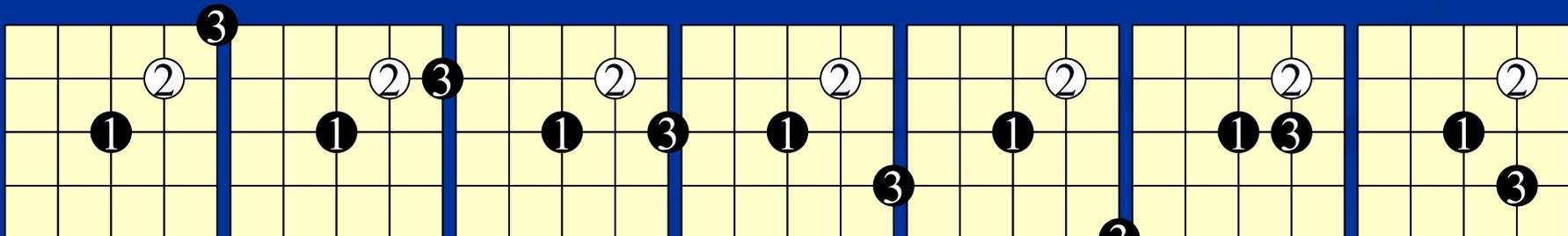
丘月

新月

瑞月

山月

遊星



長星

峡月

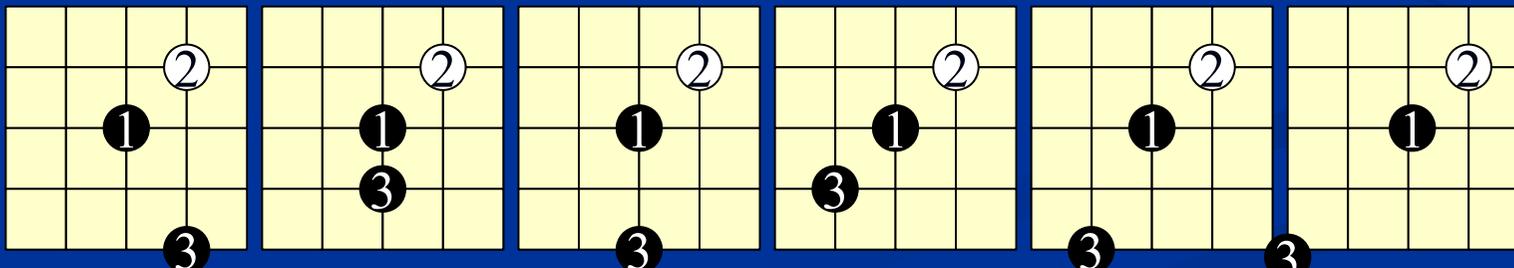
恒星

水月

流星

雲月

浦月



嵐月

銀月

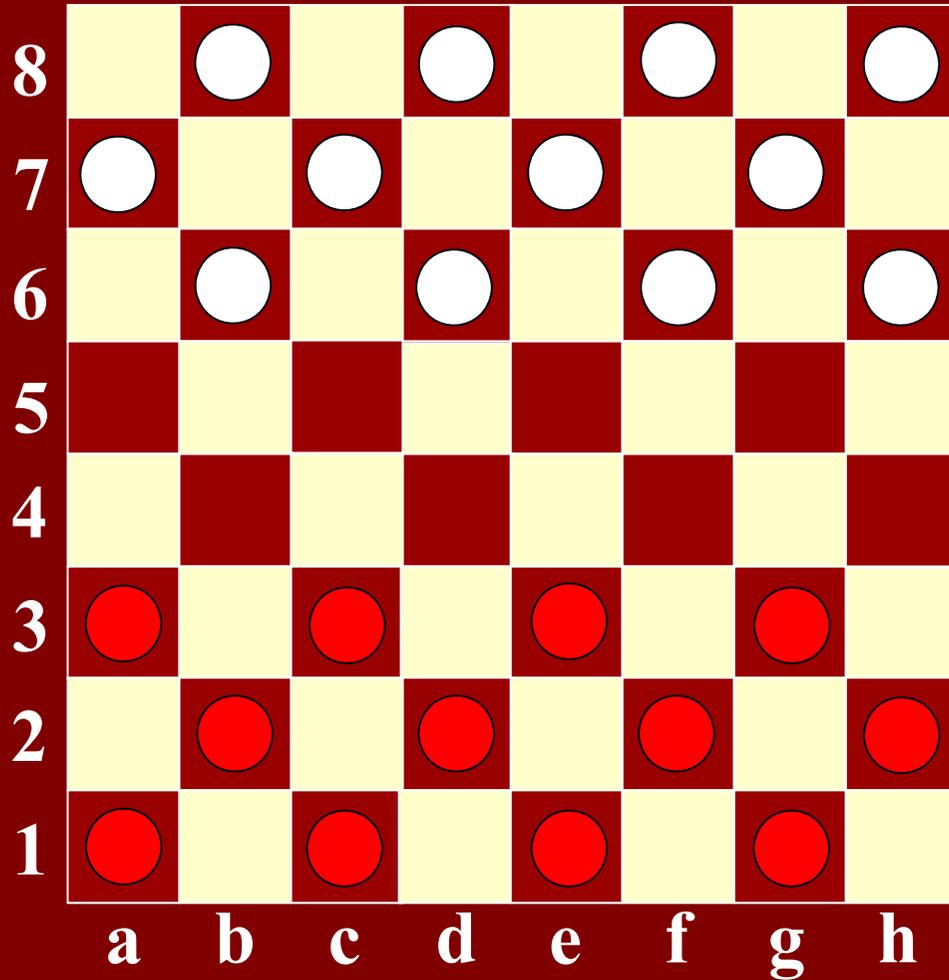
明星

斜月

名月

彗星

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>

コネクト4

- コネクト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

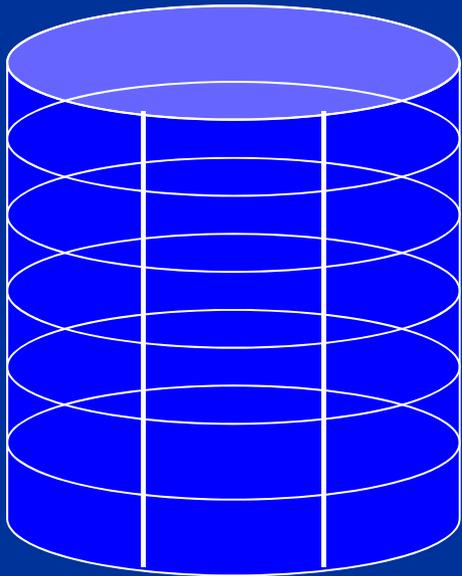
コネク4の最善手[1]

[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 OthelloFederation's newsletter., (1993), <http://www.britishothello.org.uk/fbnall.pdf>

ミニリバーシの最善手

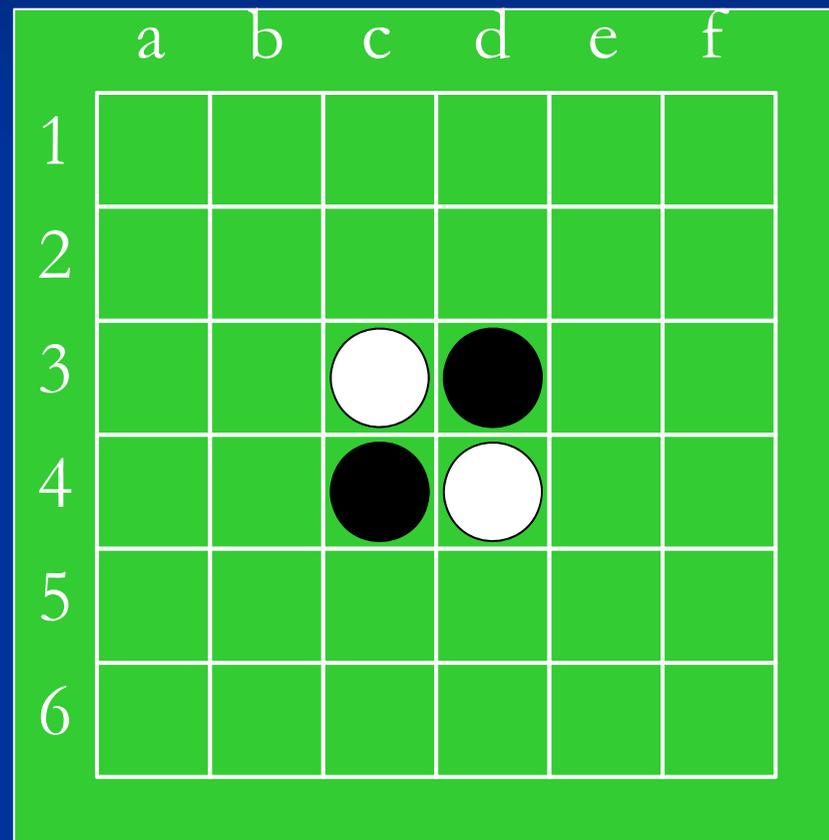
30	29	12	15	16	32
25	26	5	6	17	31
11	10			4	7
20	3			1	8
18	23	2	13	14	9
21	24	19	27	22	28

黒16対白20で
後手勝ち

6x6 リバーシの最善手[1]

[1] Joel Feinsein, (1993),

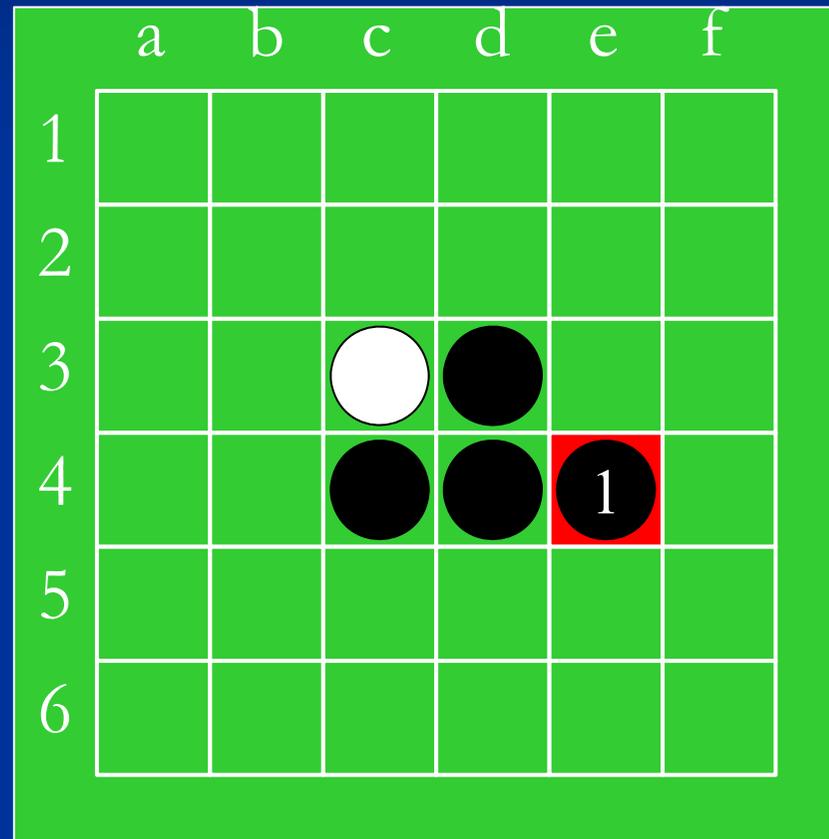
ミニリバーシの最善手



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

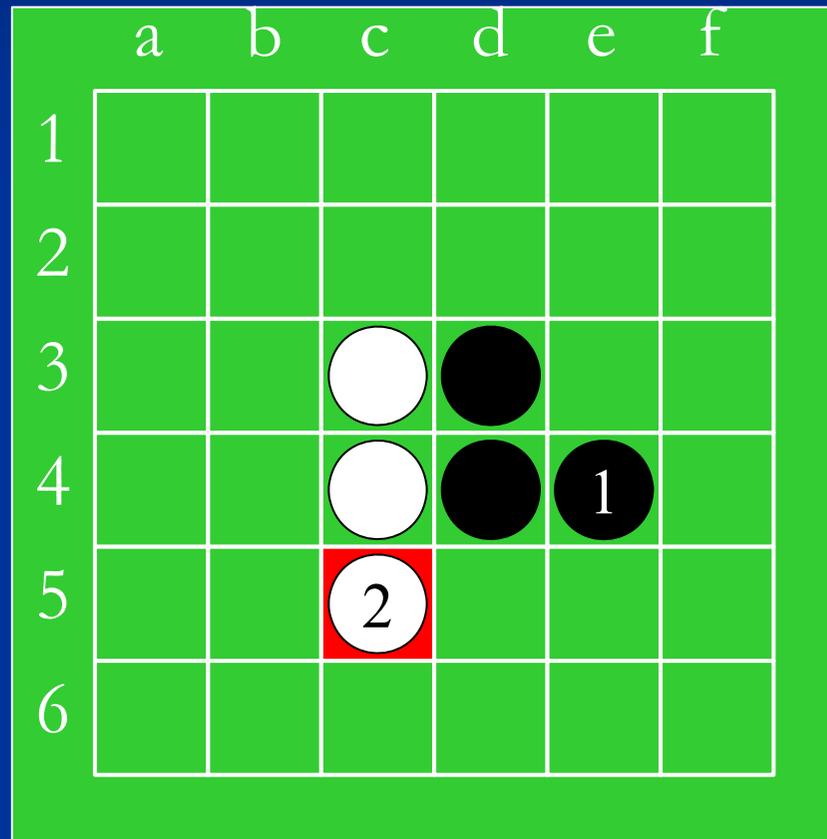
1:黒e4



[1] Joel Feinsein, (1993)

ミニリバーシの最善手

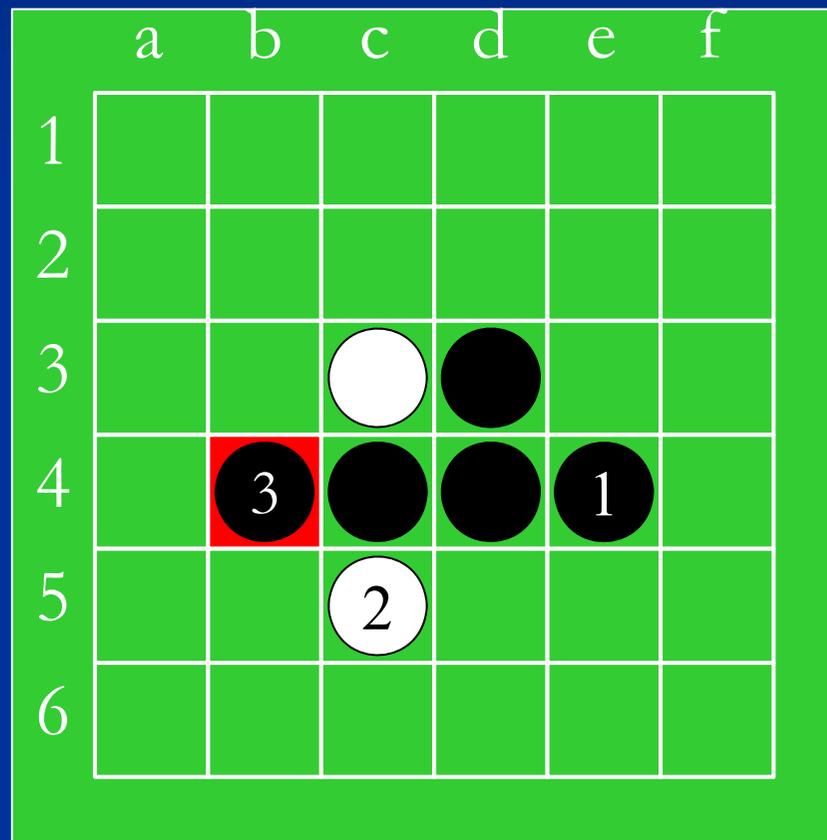
1:黒e4 2:白c5



[1] Joel Feinsein, (1993)

ミニリバーシの最善手

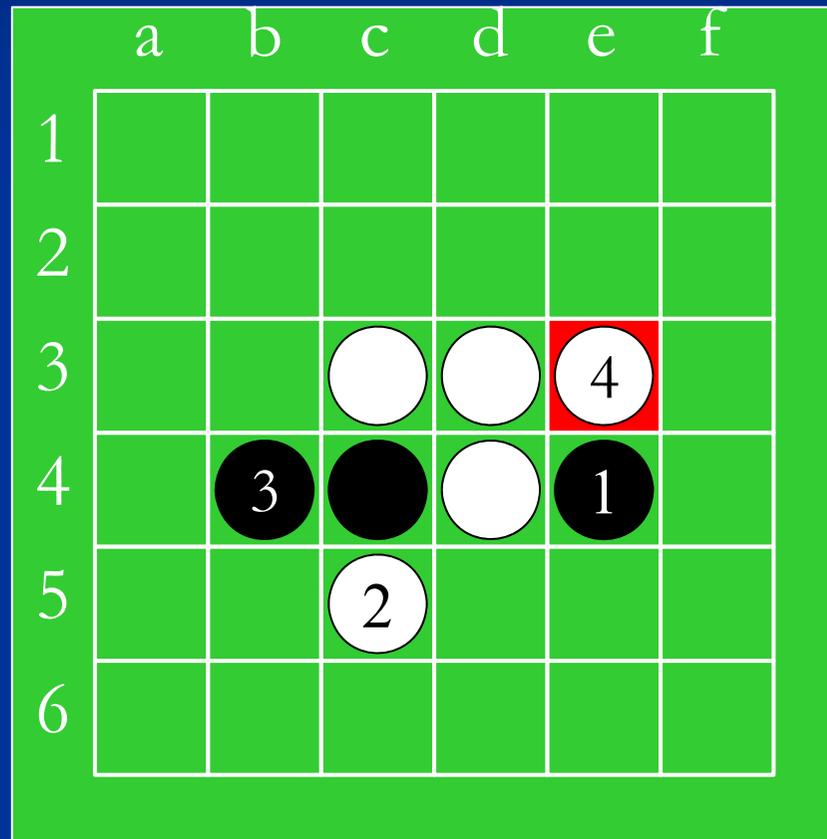
1:黒e4 2:白c5
3:黒b4



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

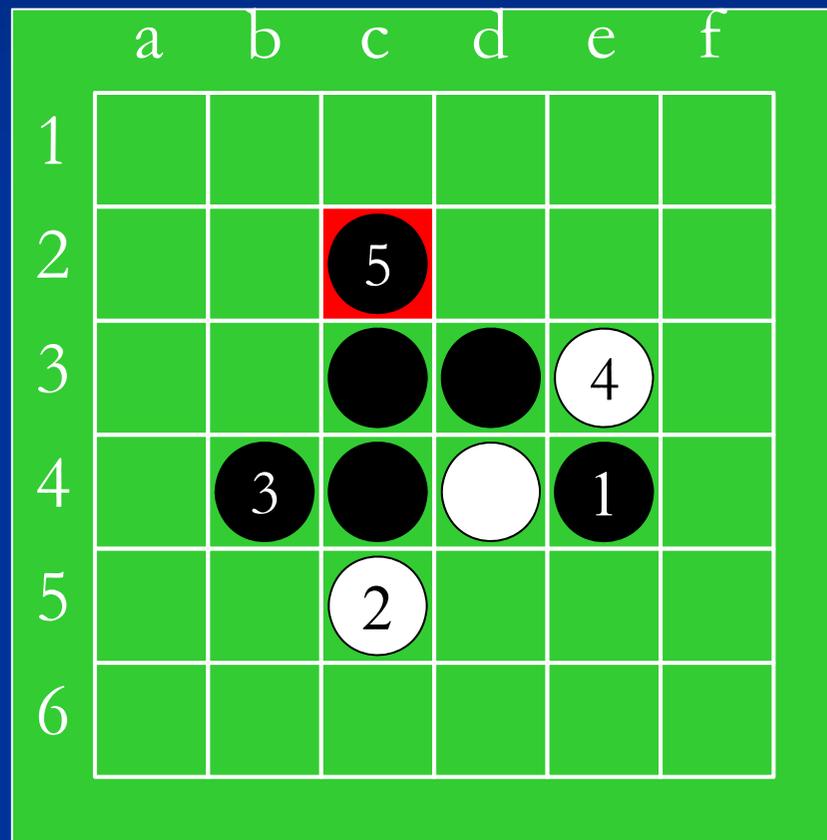
1:黒e4 2:白c5
3:黒b4 4:白e3



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

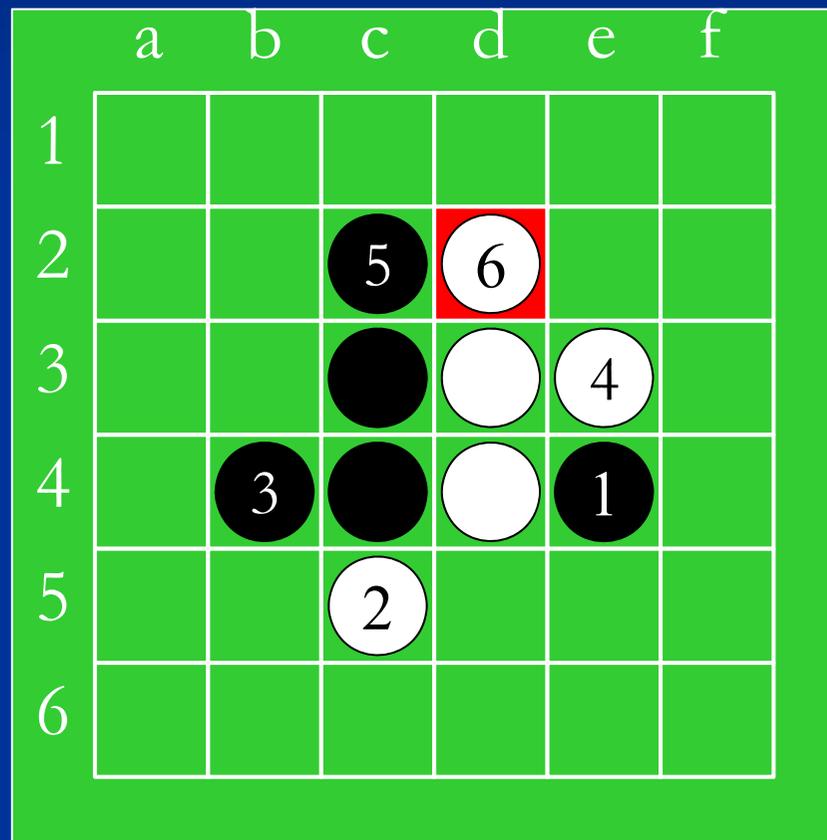
1:黒e4 2:白c5
3:黒b4 4:白e3
5:黒c2



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

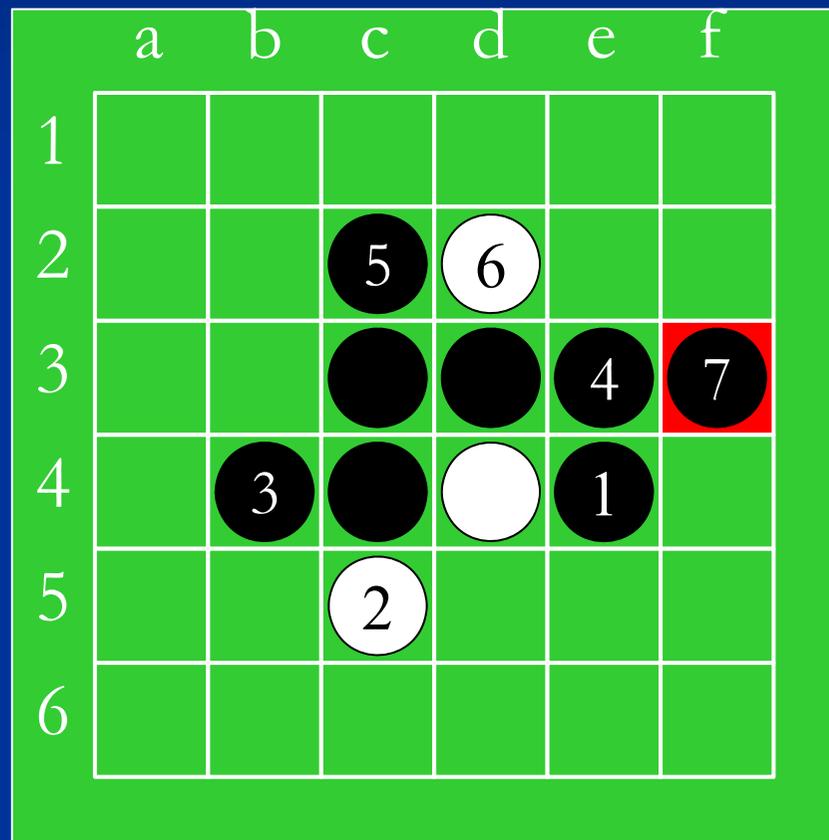
- 1:黒e4 2:白c5
3:黒b4 4:白e3
5:黒c2 6:白d2



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

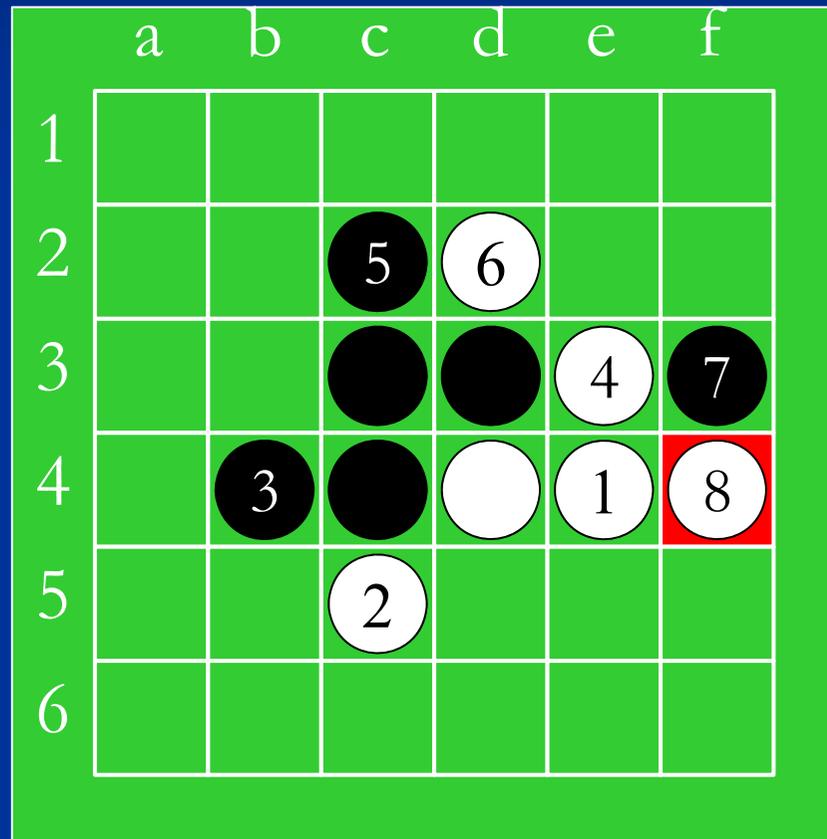
- 1: 黒e4
- 2: 白c5
- 3: 黒b4
- 4: 白e3
- 5: 黒c2
- 6: 白d2
- 7: 黒f3



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

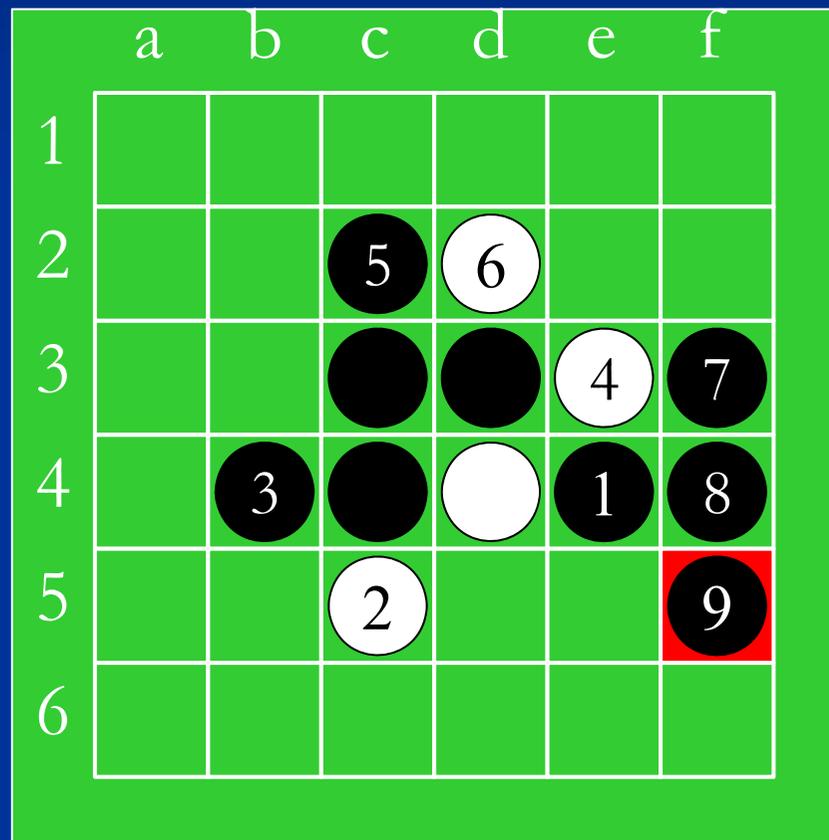
- 1:黒e4 2:白c5
- 3:黒b4 4:白e3
- 5:黒c2 6:白d2
- 7:黒f3 8:白f5



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

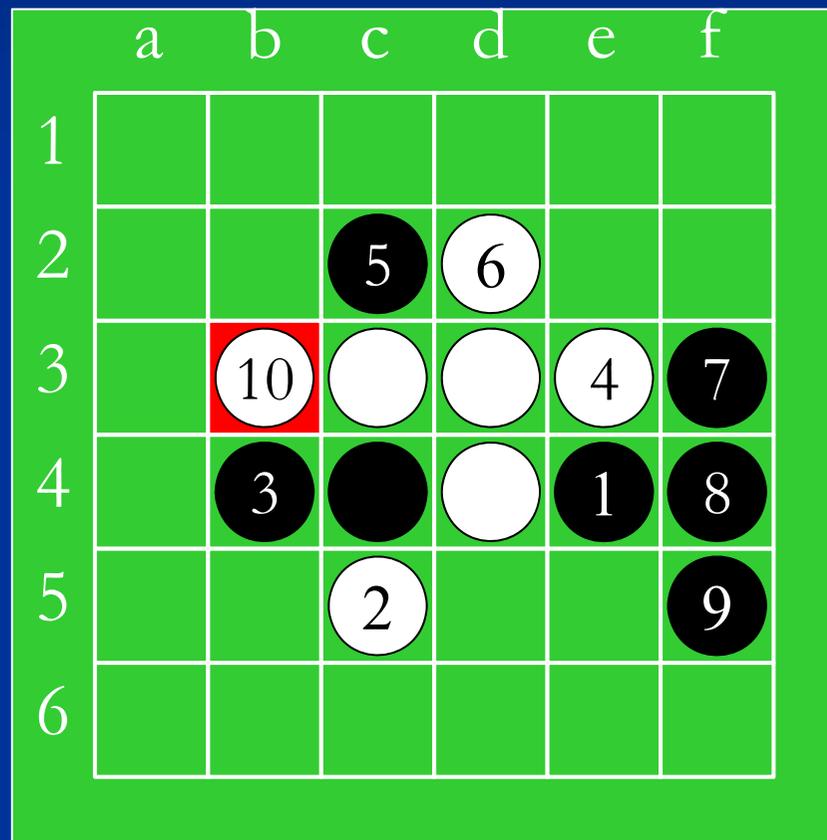
- 1: 黒e4
- 2: 白c5
- 3: 黒b4
- 4: 白e3
- 5: 黒c2
- 6: 白d2
- 7: 黒f3
- 8: 白f5
- 9: 黒f5



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

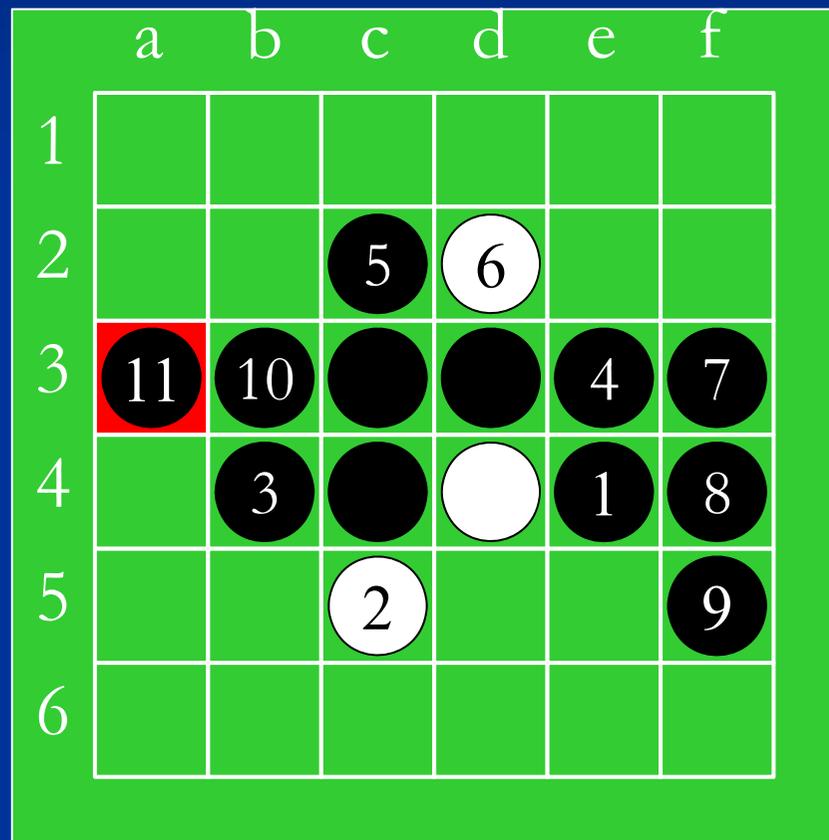
- 1:黒e4 2:白c5
3:黒b4 4:白e3
5:黒c2 6:白d2
7:黒f3 8:白f5
9:黒f5 10:白b3



[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

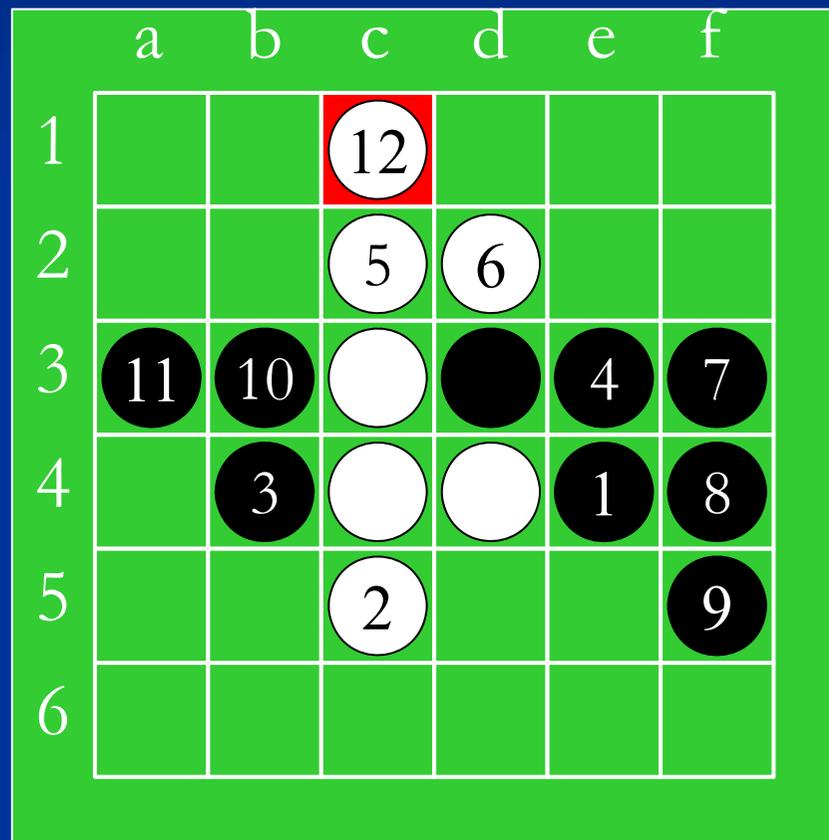
- 1:黒e4
- 2:白c5
- 3:黒b4
- 4:白e3
- 5:黒c2
- 6:白d2
- 7:黒f3
- 8:白f5
- 9:黒f5
- 10:白b3
- 11:黒a3



[1] Joel Feinsein, (1993)

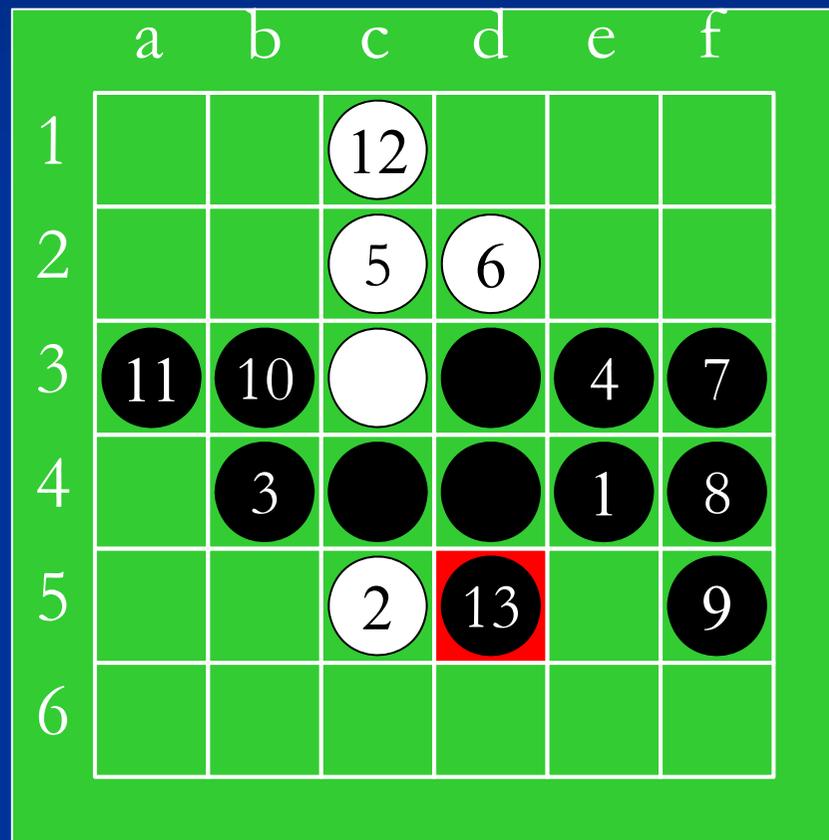
ミニリバーシの最善手

- 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



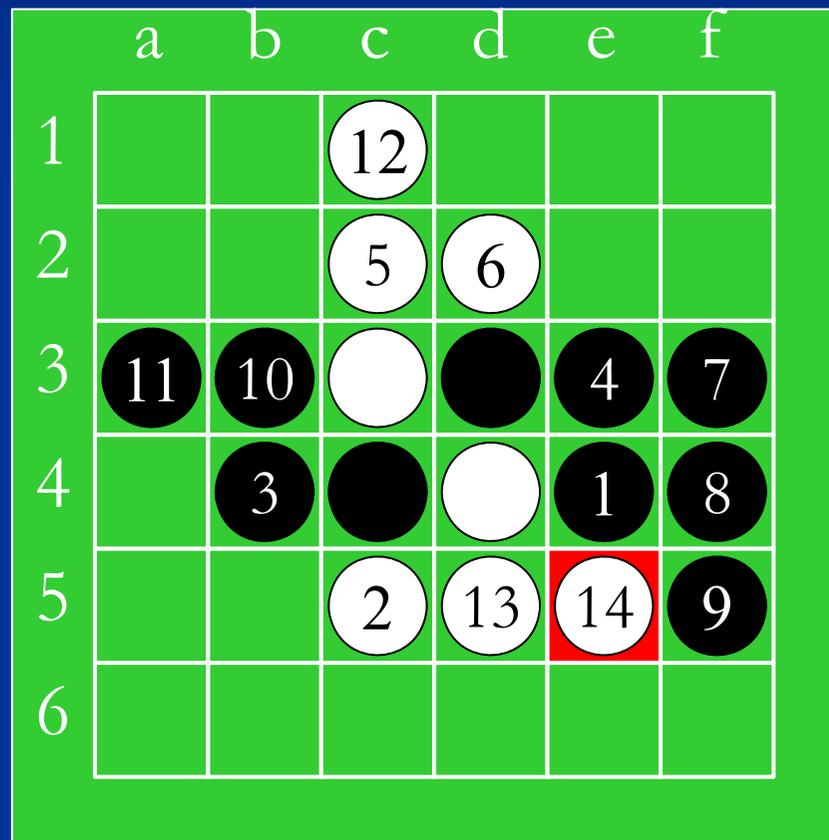
[1] Joel Feinstein, (1993)

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

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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15		
2			5	6		
3	11	10			4	7
4		3			1	8
5			2	13	14	9
6						

- 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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2			5	6		
3	11	10			4	7
4		3			1	8
5			2	13	14	9
6						

- 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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2			5	6	17	
3	11	10			4	7
4		3			1	8
5			2	13	14	9
6						

- 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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2			5	6	17	
3	11	10			4	7
4		3			1	8
5	18		2	13	14	9
6						

- 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 Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2			5	6	17	
3	11	10			4	7
4		3			1	8
5	18		2	13	14	9
6			19			

- 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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2			5	6	17	
3	11	10			4	7
4	20	3			1	8
5	18		2	13	14	9
6			19			

- 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 Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2			5	6	17	
3	11	10			4	7
4	20	3			1	8
5	18		2	13	14	9
6	21		19			

- 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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2			5	6	17	
3	11	10			4	7
4	20	3			1	8
5	18		2	13	14	9
6	21		19		22	

- 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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2			5	6	17	
3	11	10			4	7
4	20	3			1	8
5	18	23	2	13	14	9
6	21		19		22	

- 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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2			5	6	17	
3	11	10			4	7
4	20	3			1	8
5	18	23	2	13	14	9
6	21	24	19		22	

- 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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2	25		5	6	17	
3	11	10			4	7
4	20	3			1	8
5	18	23	2	13	14	9
6	21	24	19		22	

- 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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2	25	26	5	6	17	
3	11	10			4	7
4	20	3			1	8
5	18	23	2	13	14	9
6	21	24	19		22	

- 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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2	25	26	5	6	17	
3	11	10			4	7
4	20	3			1	8
5	18	23	2	13	14	9
6	21	24	19	27	22	

- 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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1			12	15	16	
2	25	26	5	6	17	
3	11	10			4	7
4	20	3			1	8
5	18	23	2	13	14	9
6	21	24	19	27	22	28

- 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

[1] Joel Feinsein, (1993)

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1		29	12	15	16	
2	25	26	5	6	17	
3	11	10			4	7
4	20	3			1	8
5	18	23	2	13	14	9
6	21	24	19	27	22	28

- 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

ミニリバーシの最善手

	a	b	c	d	e	f
1	30	29	12	15	16	
2	25	26	5	6	17	
3	11	10	○	●	4	7
4	20	3	●	○	1	8
5	18	23	2	13	14	9
6	21	24	19	27	22	28

- 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

ミニリバーシの最善手

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

- 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

[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの最善手

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

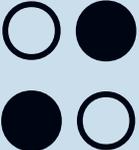
黒16対白20で後手勝ち

- 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

[1] Joel Feinstein, (1993)

ミニリバーシの勝敗

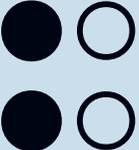
ミニリバーシの完全解析結果 [1]

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>

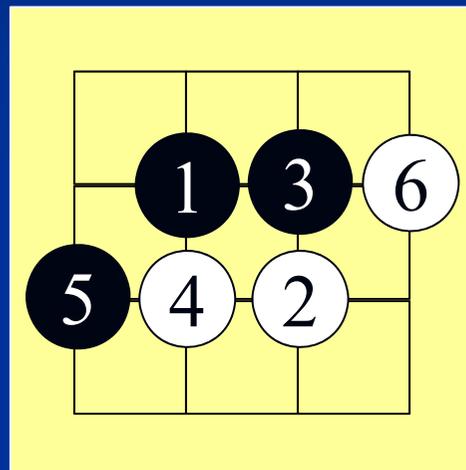
ミニ囲碁の最善手

- 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/>

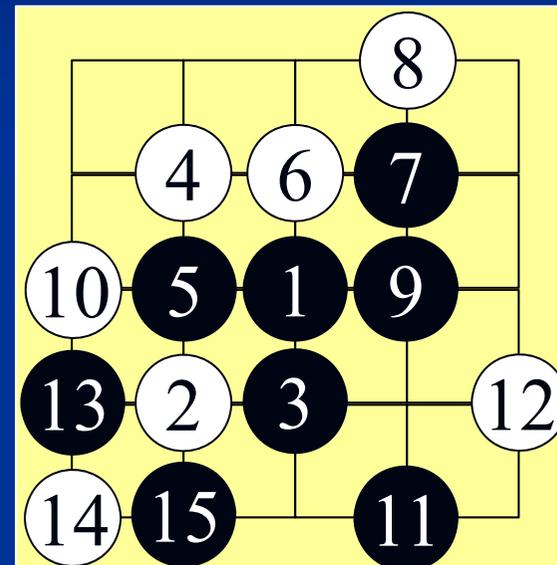
[2] Eric C.D. van der Welf, H.Jaap van den Herik, and Jos W.H.M.Uiterwijk,
Solving Go on Small Boards, ICGA Journal, Vol.26, No.2, pp.92-107 (2003).

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

	A	B	C
1	㊦	㊧	㊨
2		㊩	
3		㊪	
4	㊫	㊬	㊭

ラ:ライオン

ぞ:ぞう

き:キリン

ひ:ひよこ

に:にわとり

●	●	●
●	ラ	●
●	●	●

●		●
	ぞ	
●		●

	●	
●	き	●
	●	

	●	
	ひ	

●	●	●
●	に	●
	●	

ミニ将棋：アンパンマンはじめてしょうぎ

	A	B	C
1			
2			
3			
4			
5			

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

●	●	●	●	●	●
●	ア	●	●	ば	●
	●			●	
●	食	●	●	ホ	●
●	●	●	●	●	●
	カ			ド	

駒は取り捨て

ミニ将棋の最善手

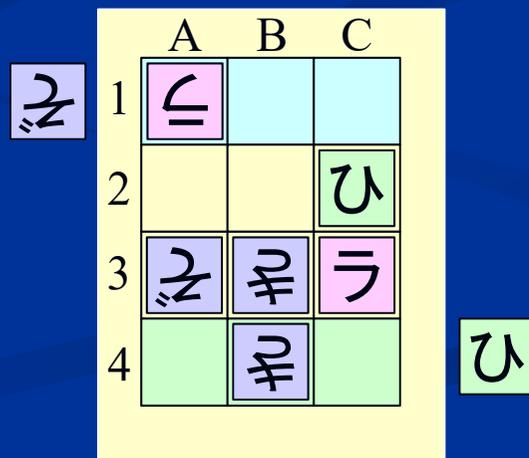
- どうぶつしょうぎ
 - 双方最善手を指すと78手で後手が勝つ[1]
- アンパンマンはじめてしょうぎ
 - 双方最善手を指すと引き分けになる[2]

[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

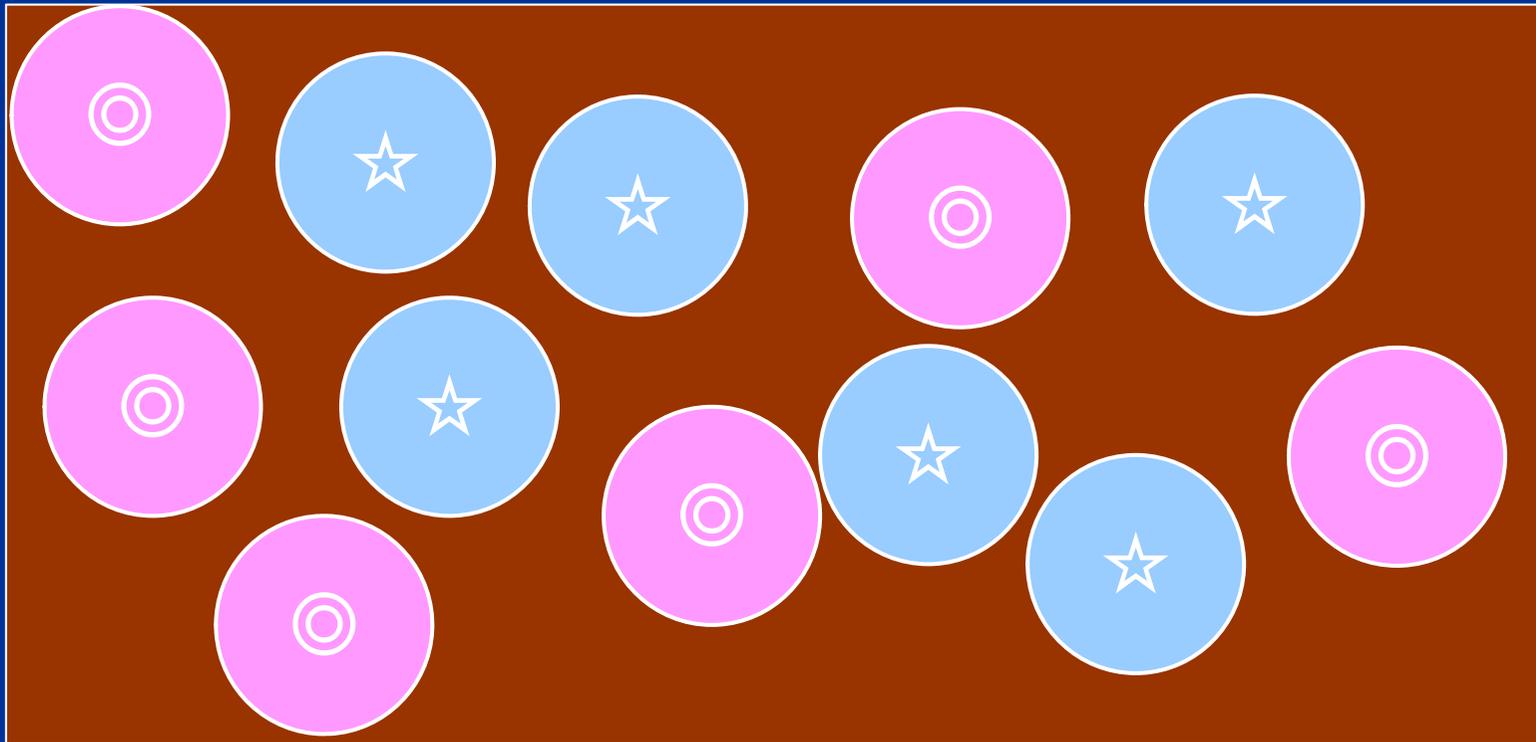
▲C3き	△A2き	▲C3ぞ	△A1ラ	▲C4ラ	△B3き
▲C4き	△B3ひ	▲B4ぞ	△B3ひ	▲同ラ	△B1ラ
▲同ぞ	△B2ぞ	▲C3ぞ	△B1ラ	▲C1き	△A1ラ
▲A2ぞ	△同ラ	▲A3ひ	△A1き	▲C2き	△B1ひ
▲B3き	△C2ぞ	▲B4ぞ	△B4ひ成	▲C4ラ	△B2ひ
▲B2き	△同ラ	▲同ラ	△B3ぞ打	▲同き	△同き
▲A3ぞ	△A2ラ	▲C3き	△B2ラ	▲C2ひ	△B4き
▲C3き	△B2ひ	▲C2き	△同ラ	▲C3ラ	△B3き上
▲同ぞ	△同ラ	▲C3ひ	△B2ラ		
▲B3ひ	△B1ラ	▲C1ぞ	△同ラ		
▲A3ラ	△A2き	▲B3ラ	△B1ラ		
▲B4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

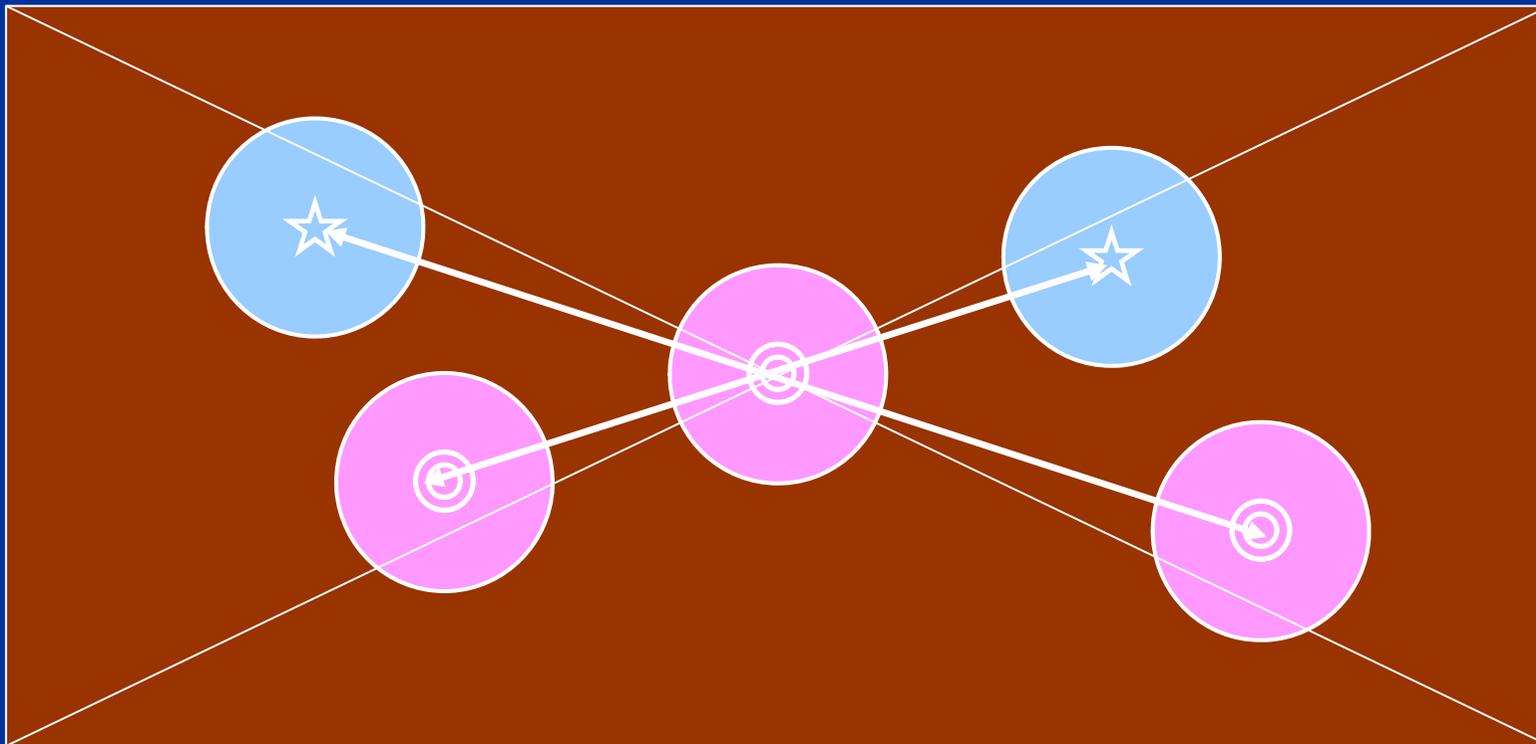


コインを置ける位置は連続的＝可能な局面数は無限

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

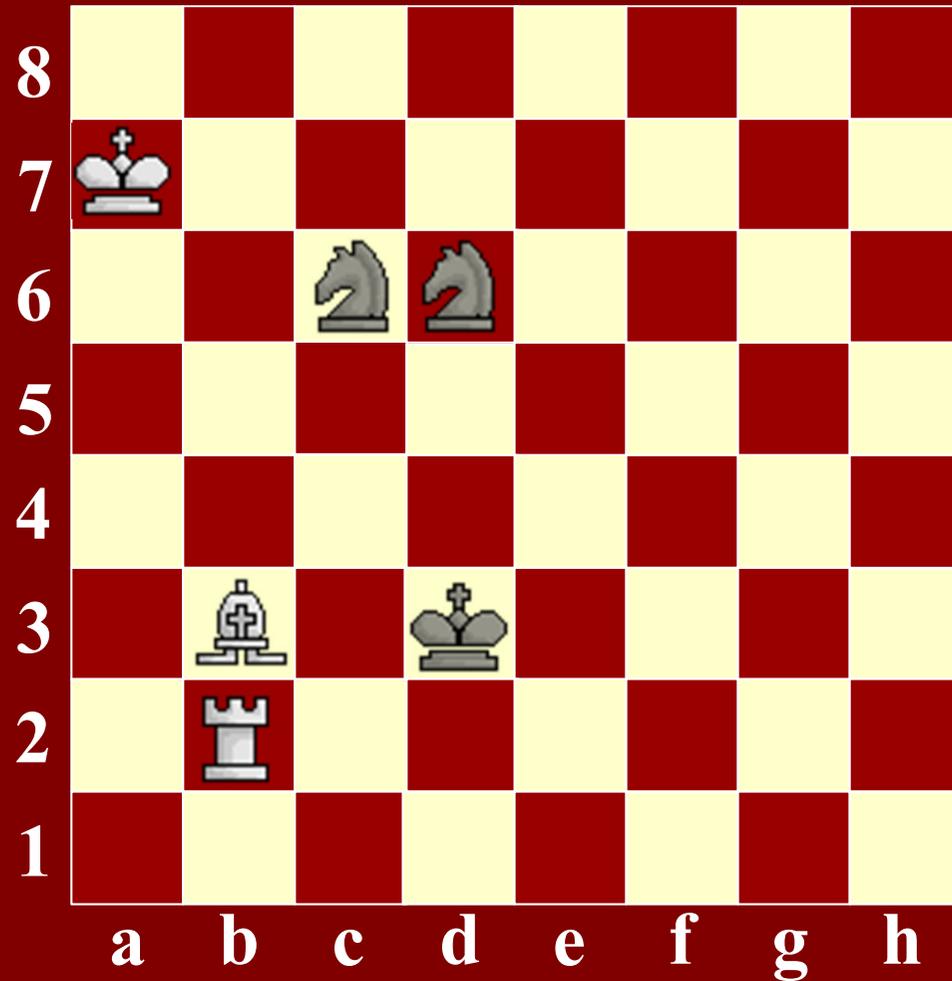
⇒ゲームが進むと盤上の駒が減っていく

⇒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

