

BAOについて

京大 数理研 林 健志

0. はじめに “BAO”というのは、石とりゲームの一種でアフリカのタンザニア地方の原住民が考え出したものです。2,3の変種があるようですが、ここでは簡単な“BAO LA KUJI-FUNYA” (スワヒリ語) を採り上げてみました。以下、単にBAOと略すことにします。土の香りのするゲームですから、ルールはそれほど複雑ではないのですが、実際に対戦すると、一手を行うのにかなり時間がかかり、かつその途中で間違いを無意識にってしまう場合が多い。その意味でコンピュータ向きのゲームのようです。しかし、人間にとっては実際に石をとり上げては、盤の上にはさまいって行くことに、大きな楽しみがあると思います。ここでは、まずゲームのルールを *informal* に説明し、次に筆者が FACOM U-200 の CRT ディスプレイ を使って開発中のプログラムについて、ゲームのルールの *formal* な記述という立場から記して、最後にこのゲ

ゲームの数学的分析について、研究集会での討論を中心に記すことにします。

1. ルール 盤は下図のとおりです。各ます目のことを *shimo*

	B								
Bの後列									
Bの前列									
Aの前列									
Aの後列									
	A								

と呼びます。
対戦者は2人で、A, Bとしておきます。
各対戦者の前の2列がその

人の陣地です。初期盤面は、*kete* と呼ばれる石（実際に石が使われているかどうかは不明だが、経験上、大きな盤を作れば黒の碁石が適当で、小さな盤なら、コーヒ-豆や小豆などが適当である。）を各 *shimo* に2個づつ合計64個をばら撒いた状態から出発します。次に先手、後手を決めて先手から交互に以下に述べる動作にしたがってゲームを続けます。ゲームの目的は敵の *kete* を出来だけ捕えて、自分の *shimo* にばら撒き、敵の負けとなる盤面にもち込むことにある。終了盤面については、後で記すことにして、基本動作である *takata* (複数は *kutakata*) について述べる。

動作1. Takata : この動作は 敵の *kete* を捕えられない時に

行ないます。まず、2個以上の kete を有する shimo を任意に選んで、その shimo の kete をすべて採り上げ、時計回りか、反時計回りかを任意に決めて、手の中にある kete を1個づつ、その向き隣の shimo から始めて、その向きに従って順に、自分の陣地の shimo にはばら撒いてゆきます。最後の1個を撒いた shimo が、撒く前は空であったならば、これで1手が終了します。もし空でなかったら（すなわち現在2個以上であれば）、その shimo に現在ある kete をすべて採り上げ、今度は方向は前のままで、前述の動きを繰り返します。そして、上に述べた1手の終了条件が満たされるまで、この動作を続けます。takata を行なうには、次の制約条件も満足していなければなりません。

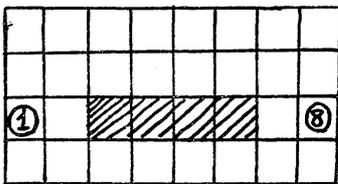
- (1) 1個の kete だけしかない shimo から takata を始めることは出来ない。
- (2) 前列に takata を開始出来る shimo が存在する時は、たとえ後列に takata を開始出来る shimo があっても、前列の shimo から takata を開始しなければならない。(前列優先)
- (3) kete をばら撒く方向は、最初に選んだ方向をこの1手が終了するまで続け、途中で変えはれない。
- (4) takata を開始した場合、敵の kete を捕えることは出来ない。
- (5) 敵の kete を捕え得る場合には、takata を開始出来ない。

次に敵の kete を捕え得る場合について説明する。

動作 2 Capturing : 前列にある shimo のうち、その kete が 1 個以上で、かつ、その shimo に向き合う敵、前列の shimo の kete が 1 個以上であるものを "marker" と呼ぶ。ある shimo が 2 個以上 15 個以下の kete を含み、その kete をどちらかの向きに 1 個づつはら撒いていった時、最後の 1 個が marker に落ちる時、この kete の集りを "mtaji" と呼ぶ。

敵の kete を捕獲するためには、まず適当に mtaji を選ぶ、takata の時と同じように 1 手を開始します。しかし、今度は最後に kete を撒いた shimo (marker になっている) の kete を採り上げないで、その shimo に向き合う敵の shimo にある kete を採り上げて、次の規則に従って自分の陣地にはら撒いてゆきます。Player から見て、

イ) その marker が下図の斜線部のどこかにある時 :

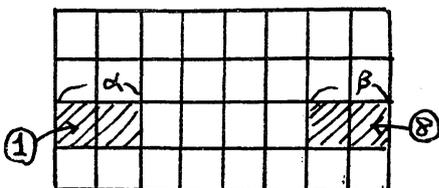


Player

向きが (a) 時計回りの時; ① から時計回りに、1 個づつ撒く。

(b) 反時計回りの時; ⑤ から反時計回りに、1 個づつ撒く。

ロ) その marker が下図の場合 ; (a) α にある時 ; 今までの向きとは無関係に、① から時計回りに 1 個づつ撒く。



Player

(b) β にある時 ; 今までの向き

とは無関係に, ⑧から反時計回りに, 1個づつ撒く。

捕獲した *kete* も規則 (イ) か (ロ) に従って撒いていって, 最後に撒いた *shimo* が, 撒く前は空であつたらば, 1手は終了する。そうでなくて, *marker* になつてゐるなら, 敵の *kete* を取り, 上記のジョロセスを続ける。 *marker* でもなく, 撒く前が空でもない時は, *kutakata* の時と同様にして動かす。ただし, この場合は, *kutakata* の時と異つて, もし最後にはづ撒いた *kete* が *marker* に落ちたら, 敵の *kete* を捕獲して, 動作を続ける。

終了

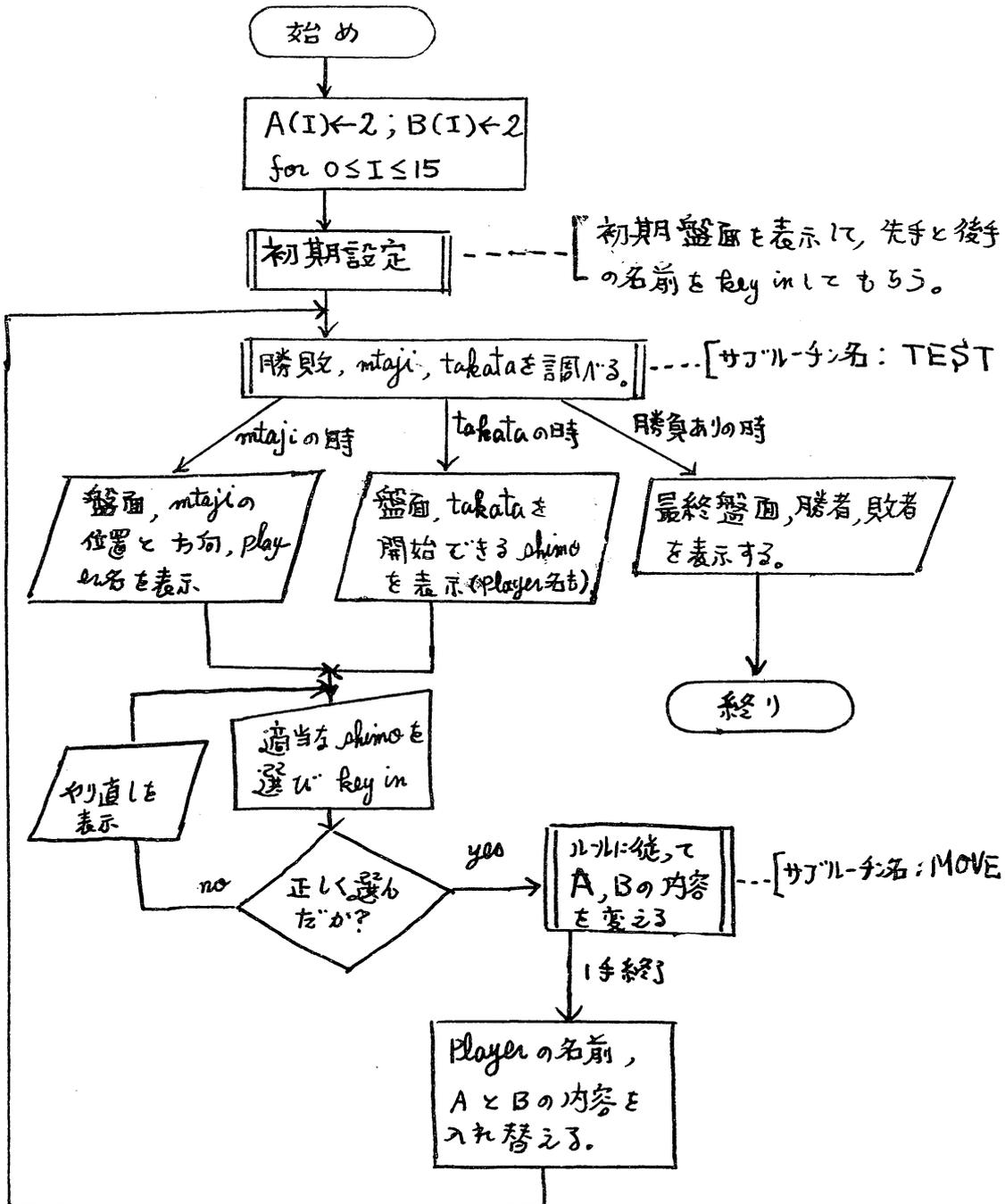
Play しようとした時, 前列の *shimo* に *kete* が全くないか, または *mtaji* もなく *takata* も出来なかつた時に, 負ける。

2. ジョロゲーム

CRT を使って, 2人の対戦者 (人間) がこのゲームを行ふ時, 審判, 及び, *mtaji*, *takata* などに関する情報を提供するジョロゲーム (1例) は, 次のよふになる。CRT には, 次に手を打つ人の陣地が常に図面の下部に出るよふに設計した。 配列 A は

B(8)	B(9)	B(10)	B(11)	B(12)	B(13)	B(14)	B(15)	次に手を
B(7)	B(6)	B(5)	B(4)	B(3)	B(2)	B(1)	B(0)	打つ人の
A(0)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	<i>kete</i> の数
A(15)	A(14)	A(13)	A(12)	A(11)	A(10)	A(9)	A(8)	を貯え,

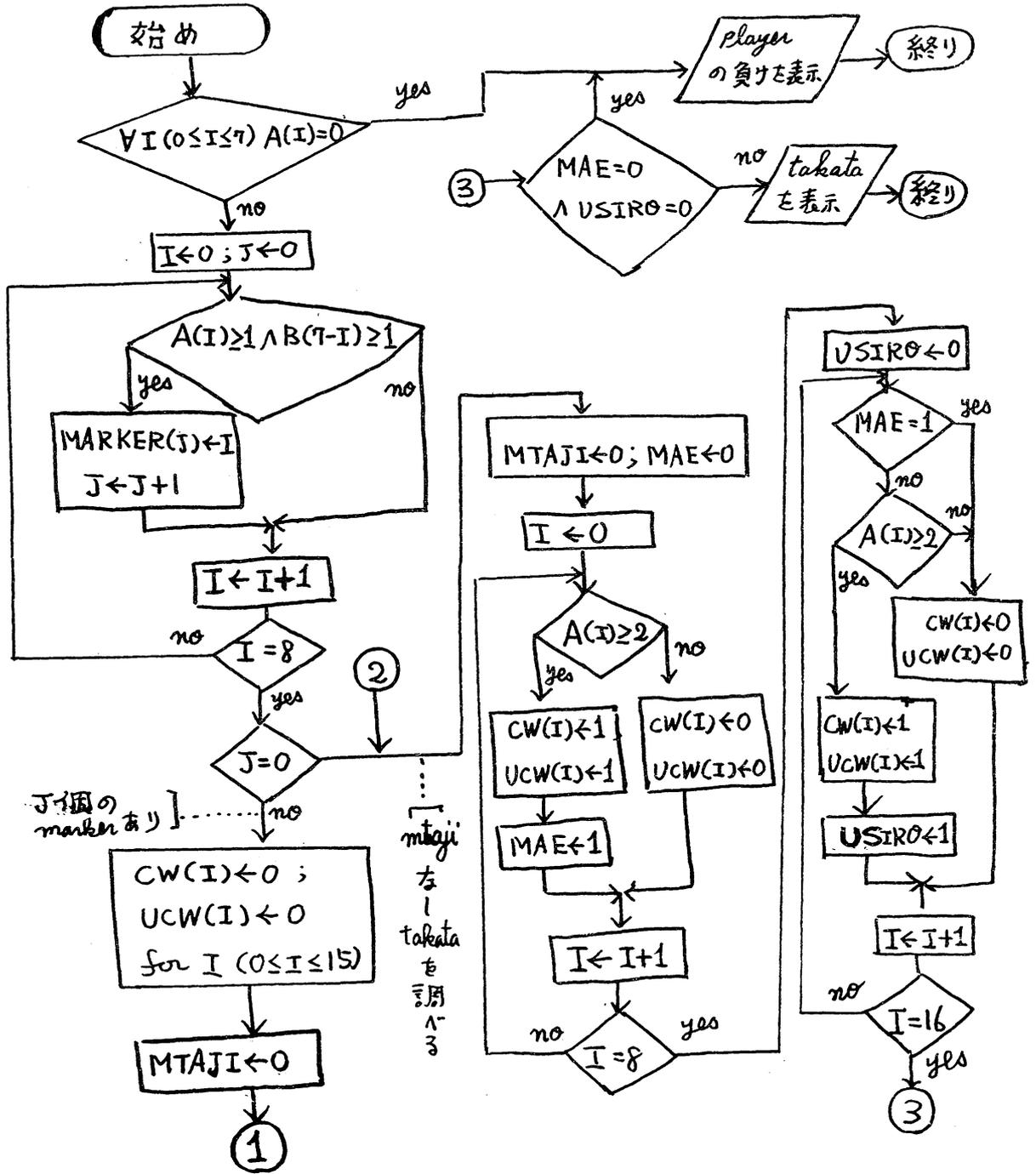
Bは、対戦者の keteの数を貯えている。CRTに出る盤面とA, Bの対応関係は図のようになっている。おおまかなフローチャートは下図のようになっている。



[主フローチャート]

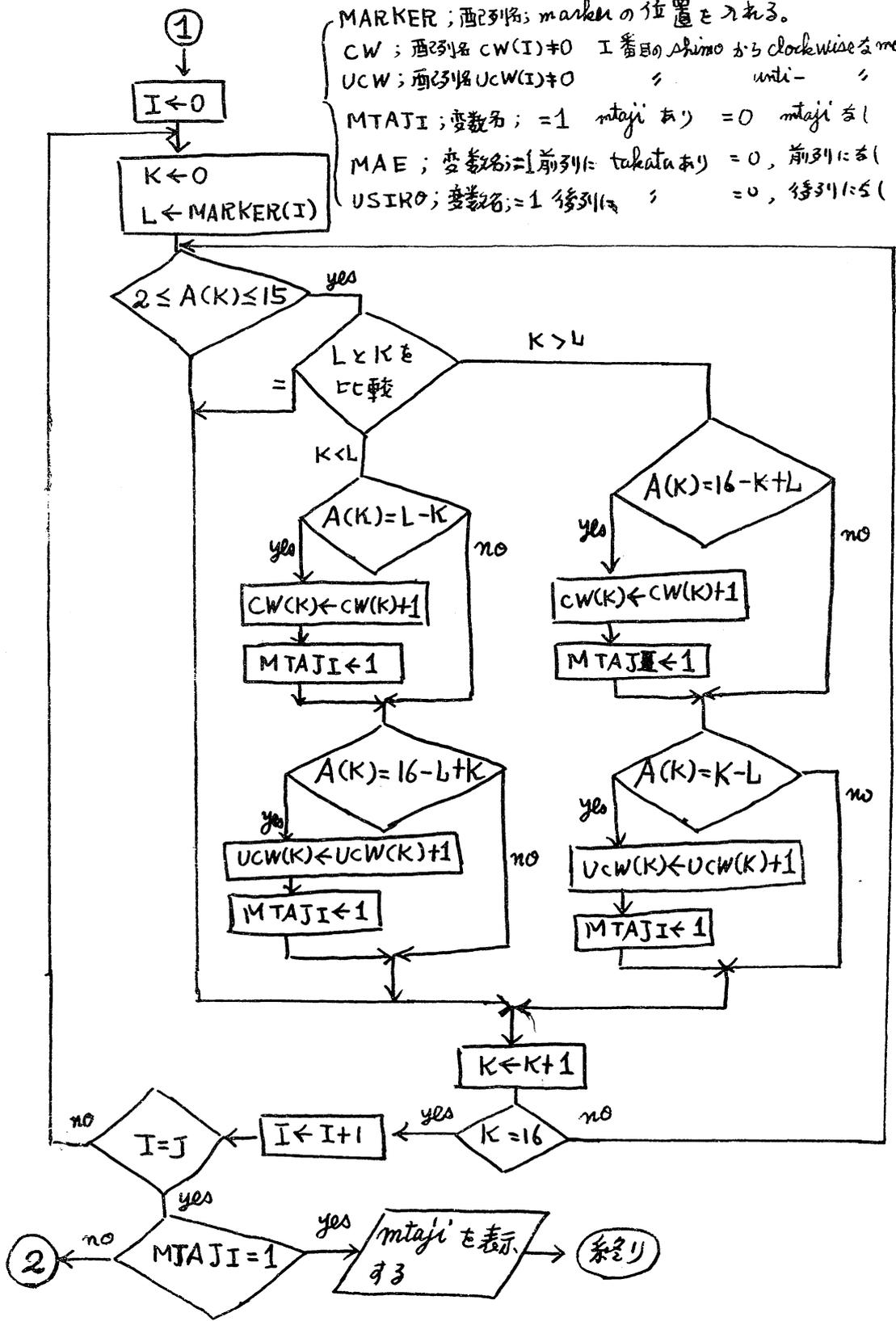
次に本質的なサブルーチンである TEST と MOVE のフローチャートを記す。

TEST のフローチャート ; 次は Play する人の名を global variable としたむ。

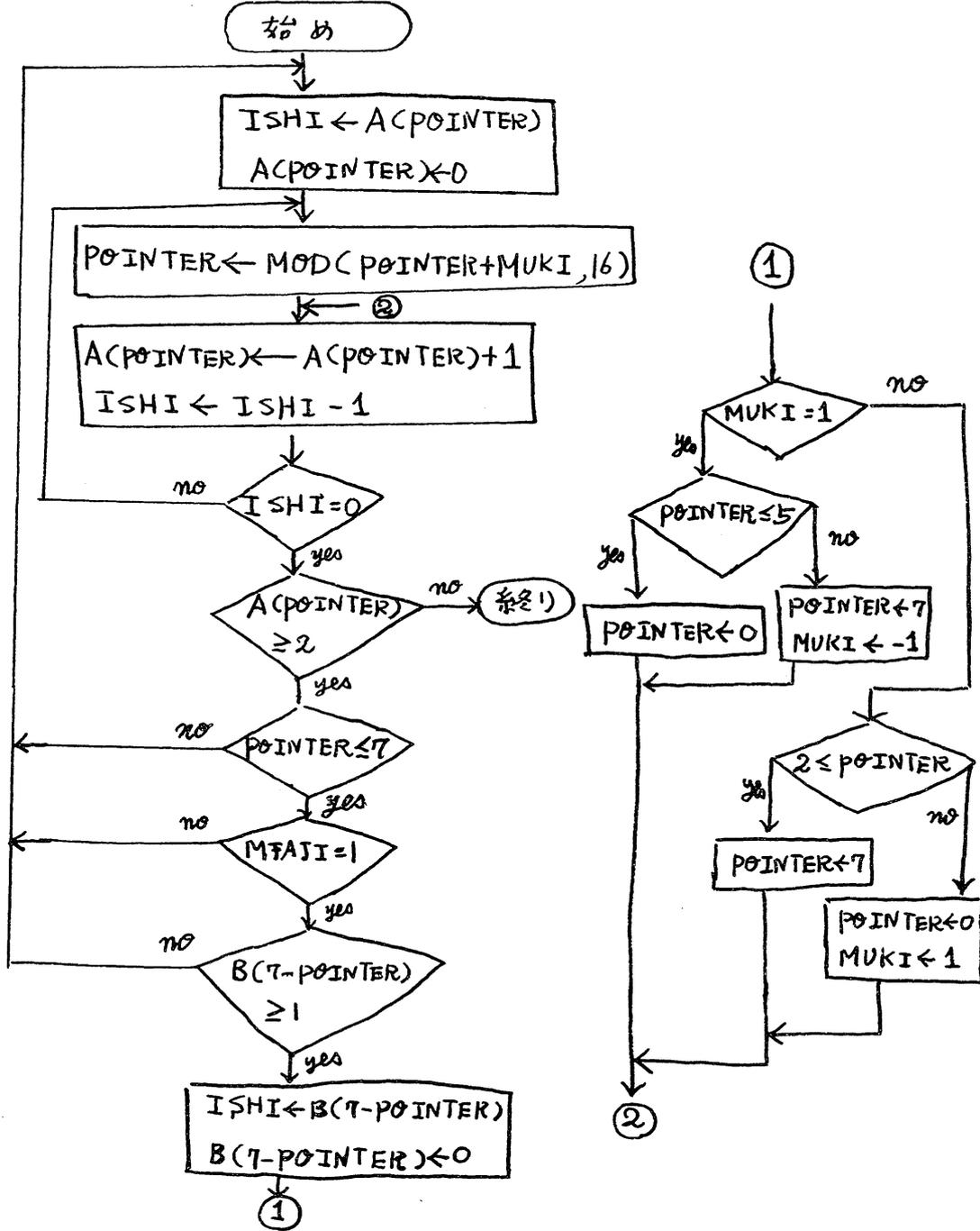


MARKER ; 西列名; marker の位置を入れる。
 CW ; 西列名 CW(I) ≠ 0 I 番目の shimo から clockwise に move 可能
 UCW ; 西列名 UCW(I) ≠ 0 ; anti- ;
 MTAJI ; 変数名 ; =1 mtaji あり =0 mtaji なし
 MAE ; 変数名 ; 1 前列に takata あり =0, 前列になし
 USIRO ; 変数名 ; 1 後列に ; =0, 後列になし

表示の左側の情報として使う。



MOVEのフローチャート Key in によって選ばれた shimo の位置は POINTER に、向きは度では MUKI (=1; clockwise, =-1; anti-clockwise) に、動作が takata かどうかは MTAJI (=0; takata, =1; capturing) に、player の名前を PLAYER に入るとして、呼ばれる。



3. ゲームの分析

研究集会ではこのゲームの分析について次のような議論が出た。

1. 先手必勝か後手必勝か、などに関して数学的に証明出来ないか？
2. 上記が証明出来た場合に、必勝法が見出せるか？
3. 1手がル-ジに入ってしまったら、終了しないことが起らないか？
4. 2人が協力してゲームも行う、た時、一番はたの勝負はどんな場合か？ すなわち一番手数のかたの勝負は？
5. 1つの *shimo* に最高いくらの *kete* が入り得るか？

これらに関しては、まだ解が得られていないと思う。ただ

3. に関しては、もしゲームの途中で下図のような局面が起り、

3	0	1	2	0	1	2	0
2	1	0	2	1	0	2	1

または

5	0	1	2	3	4	0	1
4	3	2	1	0	4	3	2

A (相手の盤面は省略) B

しかも *takata* しかいない場合に、A では 3 個の *kete* を含む *shimo*、B では 5 個の *kete* を含む *shimo* から *takata* を開始すればル-ジに入ってしまう。A, B を cyclic に変えた場合にも同様である。

他に計算機と人間が対戦する場合の評価関数についての議

論があった。最後にこのゲームは立教大学の島内、箕面先生
がら何、たものであることを記しておく。

参考文献 "How to play BAO", 1971, National Museum
of Tanzania, P.O. Box 511, Dar es Salaam, Tanzania.