

コンピュータで何をすればよいか？

文責：高知大学名誉教授 中村 治

パズル「ひとりにしてくれ」の解法を探求してみよう！

大学で数学の教員免許の為に、コンピュータのプログラミングの基本をを学んだのに、コンピュータで次に何をしたら良いのかわからない人たちの為にこの文章を作成しています。

昔の高等学校の数学の教科書には数値計算のプログラムが大量に載っていました。最近までセンター試験の数2・Bの試験で20点分の選択問題が出題されていました。しかし、指導要領の改訂によりこれらが全て消滅しました。もはや、数値計算（連立方程式の解や一般の方程式の解や数値定積分や統計計算）をすることが不要になったのでしょうか？そんなことはありません。そうではなくて個人が数値計算のプログラムを個別に作る必要がなくなったのです。

数学を学ぶには、自然数、整数、分数、実数、複素数、…や三角形、正方形、長方形、円、球、立方体、直方体、…から始め、順に比例や一次関数や二次関数や三角関数や複素関数、一次方程式や二次方程式や連立方程式や行列や行列式や群や環や体、位相空間や多様体、微分や積分や微分方程式…と古代の数学から近代の数学、現代の数学へと段階を踏んで学んでいかなければなりません。日本語や外国語（英語や中国語やドイツ語やロシア語やフランス語やスペイン語やアラビア語など）の学習も同じことです。昔は一般の人は外国語は読めさえすれば良かったのですが、今は聞いたり話したりすることにシャカリキになっています。大変な労力が必要です。世界が狭くなり、日本も豊かになり、一般の人達も外国に行く時代になったからです。しかし、外国語の勉強はもうすぐ一般の人は解放されるはずで。コンピュータが外国語を翻訳・通訳してくれるのが一般化する時代がすぐそこに来ています。ここにはコンピュータのプログラミングの特性があります。

コンピュータを使うにはコンピュータの理解できる言葉で何をしたいかコンピュータに命令しなくてははいけません。コンピュータに対する命令達のひとまとめをプログラムと言います。コンピュータが理解できる最小単位は機械語と言われるものです。機械語でプログラミング（プログラムを作成すること）するのは気が狂いそうになるぐらい難しいと言われていました。それでアセンブリ言語という機械語と一対一に対応する人間にとって分かりやすい言語が開発され、コンピュータでアセンブリ言語で書かれたプログラムを機械語に変換する（翻訳する）ソフトアセンブラが開発されます。こうするとアセンブラを開発する人達だけが機械語を理解していれば良くなります。更に、アセンブリ言語によるプログラミングは人間の思考とかけ離れているので、人間が慣れ親しんでいる数式を使ってコンピュータに対する命令を表現できる Fortran というプログラミング言語が作られ、Fortran で書かれたプログラムをアセンブリ言語のプログラムに翻訳してくれるコンパイラと呼ばれるソフトが開発されます（このコンパイラも Fortran と言います）。こうなると Fortran のコンパイラを作る人達だけアセンブリ言語を知っていればよいことになります。一般の人達は Fortran だけ勉強すればいいです。さらに、すでに存在するプログラミング言語のコンパイラを使って、別のプログラミング言語のコンパイラやインタープリッタ（機械語に翻訳せずにプログラムを実行するソフトで通訳をしていると表現されることが多い。BASIC がその代表であった）を作ることも出来るようになります。こうなると機械語やアセンブリ言語を理解しておくべき人は少数の飛び切り優秀な人達だけで良くなり、一般の人は自分の気に入ったプログラミング言語だけ勉強すればよくなります。アセンブリ言語やコンパイラの作り方の書籍が一般の書店にあふれていた時代も有りますが最近見なくなりました。プログラミング技術が進んでくると「データ構造」と「アルゴリズム」が重要である事が理解されるようになります。「データ構造」と「アルゴリズム」を効率的に表現できるプログラミング言語として PASCAL が開発され、その開発者

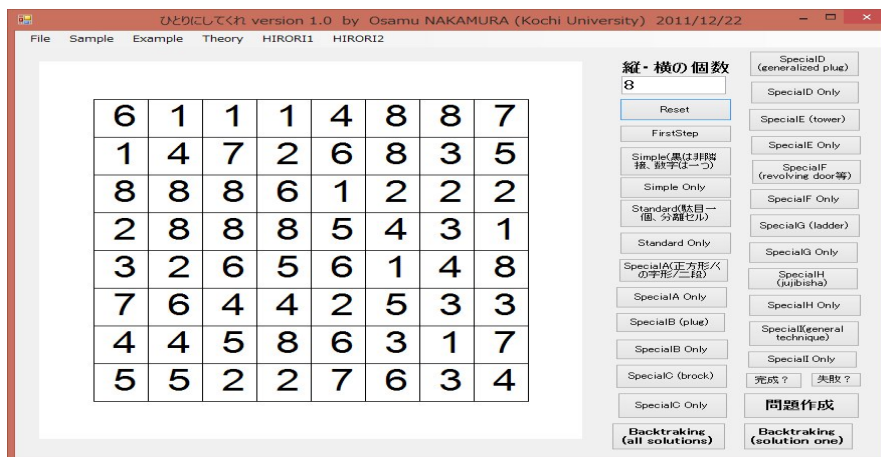
が「データ構造＋アルゴリズム＝プログラム」と言う本を書きます。この本を何度も読み返すことにより私はプログラムが作れるようになりましたが、今は絶版ですし、PASCAL も消滅しました。構造的プログラミングの時代です。Windows の普及とともにオブジェクト指向プログラミングがプログラミングの主流になりました。正確に定義するのは厄介ですが、一言でいうと「データ構造」と「アルゴリズム」を別々に取り扱わずひとまとめにし、プログラムの再利用を容易にする技術と言うことが出来ます。そして、評価の定まった「データ構造」と「アルゴリズム」がプログラミング言語の要素として、あるいはライブラリとして取り込まれ使いやすく改良が次々行われて、新しい言語が次々生まれています。現在人気があるのはコンパイラの C++ とインタープリッタの Python です。更に、これはプログラミング言語だけではなく。高等学校の数学の教科書にも数値計算の BASIC のプログラムが大量に載っていましたがこれらのアルゴリズムもソフトに取り込まれて、自分でプログラムを作らなくても MATHEMATICA や MAPLE や SAGE と言ったソフトで簡単に数値計算できるようになりました。数値計算したければ MATHEMATICA や MAPLE や SAGE の使い方を学ばよく、自分で数値計算のプログラムを一から作る必要はなくなりました。Python のライブラリを使っても同じようなことが出来ます。MATHEMATICA や MAPLE や SAGE を作ったり改良する人達や Python のライブラリを作ったり改良する人達が数値計算のアルゴリズムを研究すればいいということになります。一般の人達は MATHEMATICA や MAPLE や SAGE や Python の数値計算・数式処理ライブラリを使って何をするかに専念すればよくなります。外国語のコンピュータによる理解も Prolog が人気のあった時代は、例えば英語の文を品詞に分解し、文の構造を明らかにするプログラムの載った本が書店に溢れていましたが、研究が一段落しそれなりの成果が得られ、信頼できるアルゴリズムが出来上がると文の構造を分析するソフトが作られ、一般の人達はそのソフトを使って、そのソフトを前提にその上の応用を目指すようになります。音声認識も同じことです。それらの膨大な研究成果を踏み台にして、外国語の翻訳ソフト・通訳ソフトの性能が良くなっていきます。数学の場合は、誰か優秀な人がなんか発見してくれてもそれを理解しないとまず先には進めないですが、コンピュータプログラミングの場合は、誰か優秀な人が素晴らしいプログラムを作ってくれば、それをブラックボックスとして、たとえ中身を理解できなくても、それを足場にして（そのソフトを素晴らしい道具として）、それを応用した研究を先に進めることが出来ます。この様なプログラミングの特性のおかげで、コンピュータが発明されてからこの数十年、コンピュータが猛烈な勢いで世の中を変えていっています。プログラミングを学び、最新の応用技術・人工知能技術を学び、これらの発展に寄与するのが一つの生き方ですが、それは情報科学科や情報工学科で学んでいる学生さんの仕事です。

教育学部で数学を学んでいる学生さんがプログラミングの基本を学ぶ意義はなにでしょうか？一つは世の中を大きく変え、更に大きく変えるであろうコンピュータの本質を理解することともう一つは数値計算等のアルゴリズムを理解し、それにより数学の理解を深め、それらを、これからのコンピュータに支配される世の中を生き抜いていかなければならない生徒たちに伝えていくことです。

しかし、数学的な理解を深めるために、自分自身の興味を満たすために、コンピュータを使ってみることであれば、楽しいことの為にコンピュータを使えば、世の中楽しくなります。この本を読まなければいけないと思ってねじり鉢巻きをして本を読んでも面白くありません。教員採用試験に通るためにはそんな勉強も必要ですが、自分の勉強のためには読んで面白い本を選んで読みます。標準的な、皆が読んでいる本が嫌になったら、全然別の種類の本を読んでみます。選択の基準は何でも良いです。順調に大学で学んでそのまま大学教授になった人のドイツ語の入門書に飽きたら、本当の専門は音楽なのに少女期を含めドイツに十数年住んだ人が書いた毛色の違ったドイツ語の入門書を読んでみるとか、インターネットで調べたら美人だった人が書いた本を読んでみるとか、

がちがちの学校文法を元に英文解釈をしている本を読んでもとか、英語で英文法を解説している本を読んでもとか、英語で英単語や熟語を解説している本を読んでもとか、ロシア人が書いたロシア語しか書いてないロシア語の入門書を読んでもとか、今の学校の数学の教科書は男子生徒の為の本であり女子生徒が興味を持って学ぶためにはこんな内容でないといけないと主張しているアメリカの若い美人女優さんの本を読んでもとか何でも良いです。自分が楽しく読める本を見つけて読めば良いです。今は色々な本が出版されているので自分に合った本が見つかる可能性が高いです。数学的な思考力を高めるためにも、自分が面白いと思うことをします。面白くないことを無理にするのは大学の授業だけで良いです。これはこれで知識が偏らないようにするために必要なことです。ただ、皆さんが何を面白いと思っているか分かりませんのでここでは私が面白いと思ったことを述べます。例えば、正二十面体の展開図が何種類あるか自分でプログラミングして確かめてみることです。ゲームのプログラミングも面白いです。これらは別の処に書いてあります。パズルに潜んでいる法則性をコンピュータを使って調べて見ることも出来ます。これはコンピュータが無くても研究できますがコンピュータがあれば効率的に研究できます。数学的なパズルと言えば「数独」がまず浮かびますがこれはもう研究つくされているので（参考書としては、佐藤淳郎先生に教えていただきましたが「TAKING SUDOKU SERIOUSLY」（翻訳は「数独を数学する」）があります）、ここでは「ひとりにしてくれ」というパズルを取り上げます。「The Book of HITORI And How To Solve It」 GARETH MOORE という英語の本も出版されています。「数独」は外国の方が研究が進んでいるので期待してイギリスの出版社から取り寄せましたが、ただ解法に関しては大したことが書いてなく（解法の為の簡単なテクニックが6種類書いてあるだけです）、単なる問題集です。

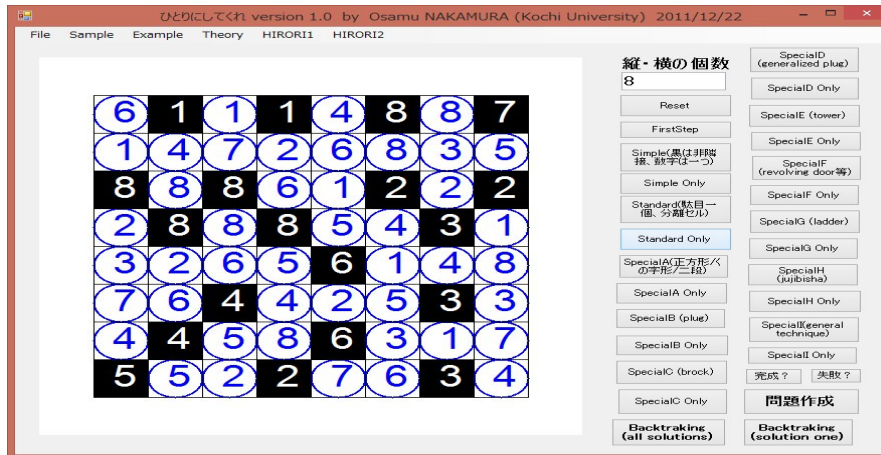
パズル「ひとりにしてくれ」の解法を探索してみましょう。次の問題は「ペンシルパズル 85 ひとりにしてくれ 3 ニコリ刊」の7ページにある例題です。



上の図の数字が描かれた矩形が「ひとりにしてくれ」というパズルの問題の盤面です。このパズルは

1. 盤面に黒マス配置して、各行・各列に同じ数字が残らないようにする。
2. 黒マスは縦または横に連続しない。
3. 黒マスで盤面が分割されてはいけない。

の条件を満たすように黒マス配置することである。解は

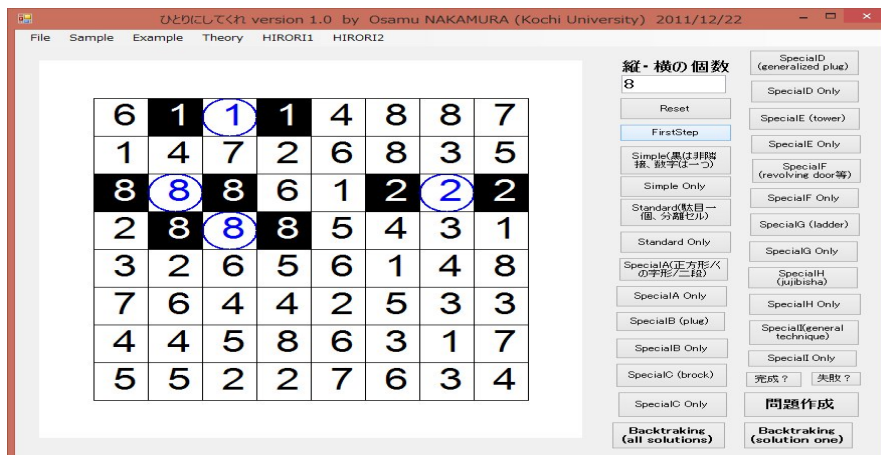


です。

このパズルを解くために最初にすることは

1. 横に 3 個同じ数字が連続していれば、中央以外黒マスである。
2. 縦に 3 個同じ数字が連続していれば、中央以外黒マスである。

の法則を使って黒マスを配置することです。この例題の場合次のようになります。



です。残ることに確定した数字を○で囲んでいます。

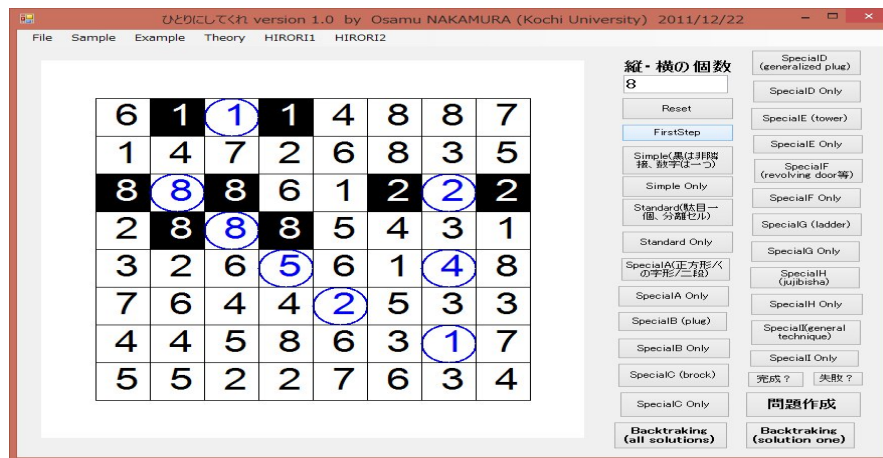
さらに、

1. 横に連続する数字があれば、その列の他の数字が黒マスになる
2. 縦に連続する数字があれば、その列の他の数字が黒マスになる

の法則に気付きます。隣接する数字の一方は確定する（黒枠にならず残る）必要があるからです。今の場合該当するセルはありません。同様に

1. 横に同じ数字が一つおきに並んでいれば、挟まれた数字が確定する（黒枠にならず残る）
2. 縦に同じ数字が一つおきに並んでいれば、挟まれた数字が確定する（黒枠にならず残る）

の法則に気がきます。挟まれた数字を黒枠にするとどうしても黒枠が接続してしまうことになるからです。これらの法則を使うと



です。

次に左下隅の4と5の正方形に注目します。塗り分け方は

4	■	■	4
■	5	5	■

の二通り考えられますが右側は（残ることに）確定した数字5が分離してしまいルール違反になるので、左側の塗り方に確定します。これを法則にしても良いですが一般化出来るので一般化します。

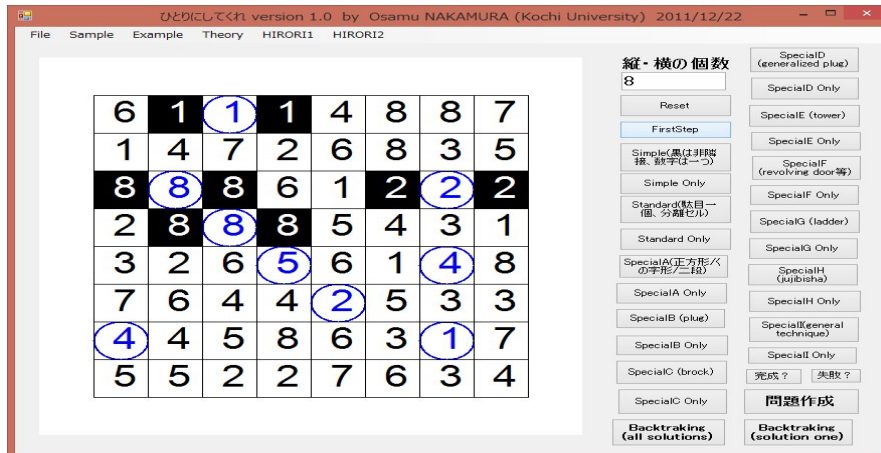
隅の三個の数字が次のようなパターンの場合（C=N の場合を含む：以下同様）

N	N	N	C	N	N	C	N	N	C	N
C		N	N	N	C		N	N	C	N

C を黒枠にすると必然的に、それぞれ

N	■	N	■	■	N	■	N	■	■	N
■		■	N	N	■		■	N	■	N

となり、N が分離するので、C は確定します（黒枠にならず残ります）。これらの法則を使うと



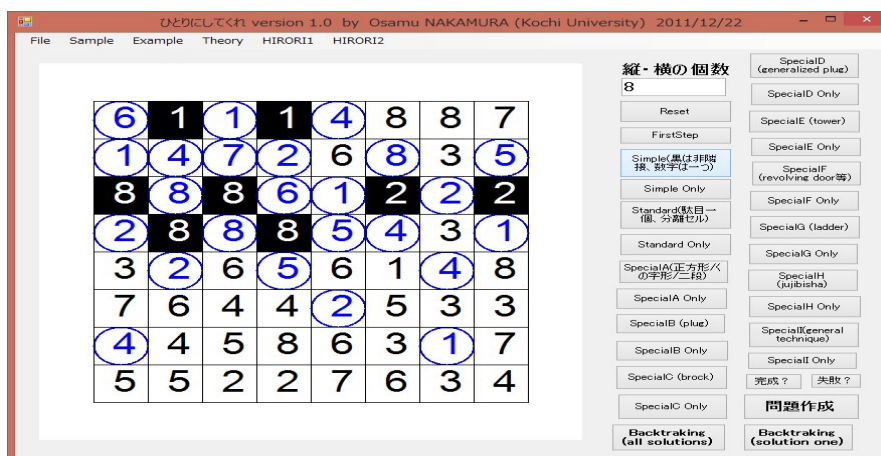
です。左下隅の5と4が黒枠になっていませんが、この後述べる法則を適用することにより黒枠にすることが出来ます。これはコンピュータのプログラミングを簡単にするための技法で、手計算の為の法則としては一般化する前の法則も一つの法則として覚えておけば、一般化した法則よりも視覚的に発見しやすい法則だから便利です。

これらの法則は単独で使えるものです。他にもそのような法則がありますが自分で考えて下さい(例えば、更に特殊化した法則で、隅に同じ数字の2×2の配置があれば、対角線が黒マスと確定マスになる。)。実際は抽象的に考えるよりも具体的な例の中で発見するのが良いです。そして法則を発見すると見つけた法則のリストに付け加えていきます。そして法則を発見するたびに、プログラムに組み込んでいきます。

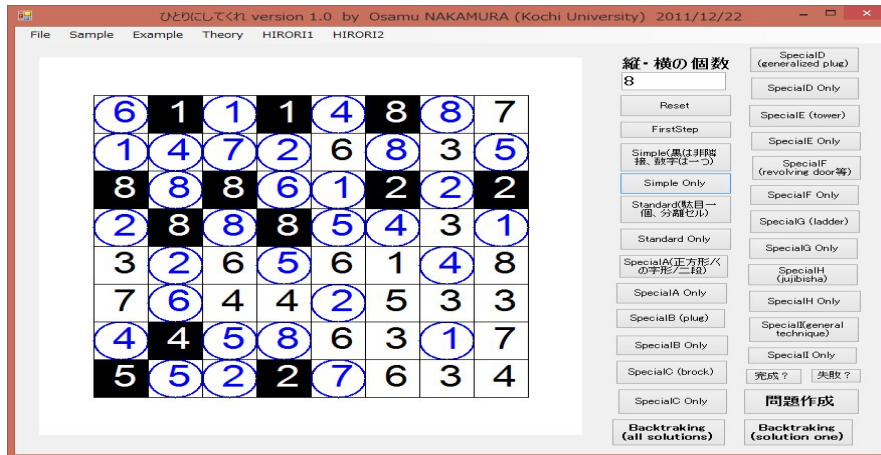
これらの法則を使った後で使える法則があります。盤面を眺めていると

1. 黒マスに隣接したマスは確定する
2. 横に確定した数字と同じものがあれば消す
3. 縦に確定した数字と同じものがあれば消す

の法則に気がきます。これらの法則を使うと



です。この法則を繰り返し使うと



です。人間は繰り返しが大嫌いですが、コンピュータでは繰り返しをうまく使うことがプログラミングが上達する秘訣です。単純なパズルはこれで解けますがこの例題はまだ解けません。

盤面を眺めていると色々なテクニックに気が付きますが、プログラミングが容易なものからプログラミングしていきます。まず

1. 駄目が一個の確定領域は駄目を確定領域のマスにする
2. そのマスを黒マスにすると確定領域が孤立するなら確定マスにする

の法則をプログラミングします。人間が考えるときは、「右から二つ目の列の4個の3に関して、上の二つを黒枠にすると中央の2が孤立するのでどちらかは黒枠ではありません。従って、下の2個の3は黒枠です。」のような法則に気が付きます。しかしこの法則はプログラミングするのが大変なので後回しにします。「駄目が一個の確定領域は駄目を確定領域のマスにする」の駄目は囲碁の用語で、左端の列の確定している2に対して下の3が駄目です。

■	8
2	■
3	2

この3を黒枠にすると2は黒枠によって囲まれてしまいます。

■	8
2	■
■	2

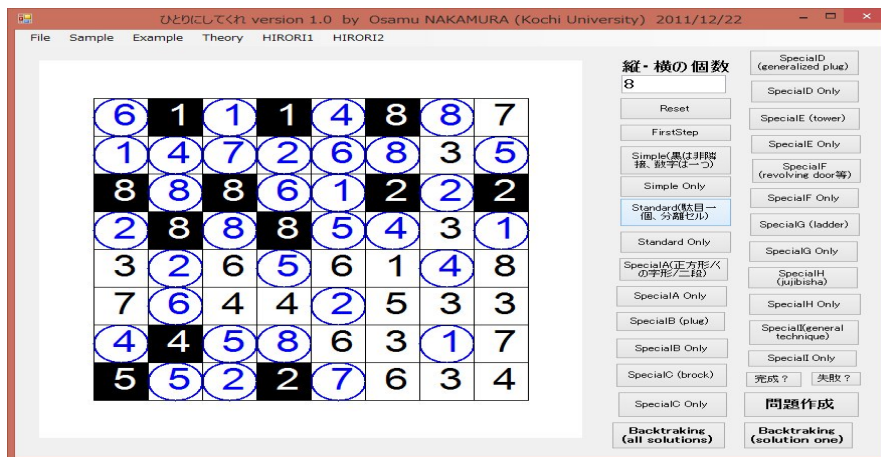
従ってこのような2の駄目である3は確定地にしなければなりません。右から4列目の上の端の4の駄目も1です。左から3列目の上から4番目の8も駄目は1です。

8	■	6
■	8	■
2	6	5

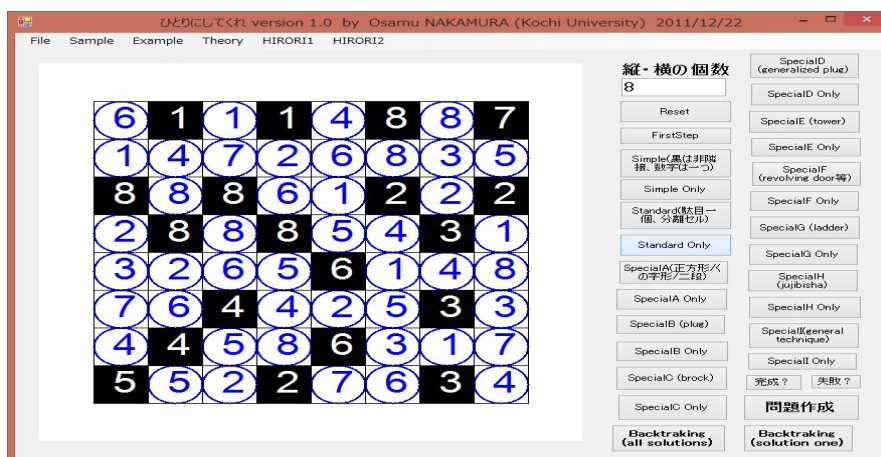
その下の6を黒枠にすると8が分離します。

8	■	6
■	8	■
2	■	5

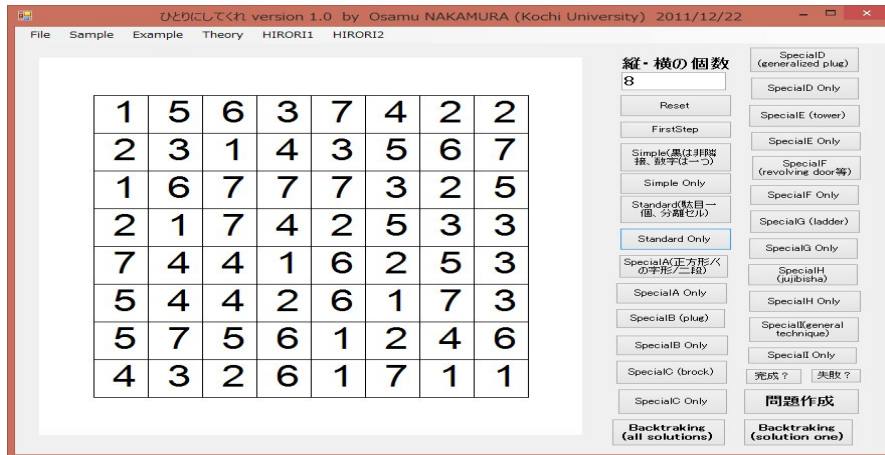
実は「駄目が一個の確定領域は駄目を確定領域のマスにする」は次の「そのマスを黒マスにすると確定領域が孤立するなら確定マスにする」の特別な場合ですが、人間にとって理解しやすい（発見が容易な）法則なので特別に取り出しています。「そのマスを黒マスにすると確定領域が孤立するなら確定マスにする」は、例えば右から二つ目の列の上から2番目の3に関して、この3を黒マスにすると右上隅の確定地の8と5が孤立します。従ってこの3は確定地です。従って、この列の残りの3個の3は黒マスになります。そうすると右から4行目の上から2番目の6はその上の4の駄目だから確定しますが、これを黒枠にすると右上隅の確定地の8と5が孤立するのでこの6は確定すると判定することも出来ます。このプログラミングは結構難しいですが、グラフ理論の基本的なアルゴリズムを理解していれば組むことが出来ます。これらの法則を一つ見つけたら終了するようにすると次のようになります。



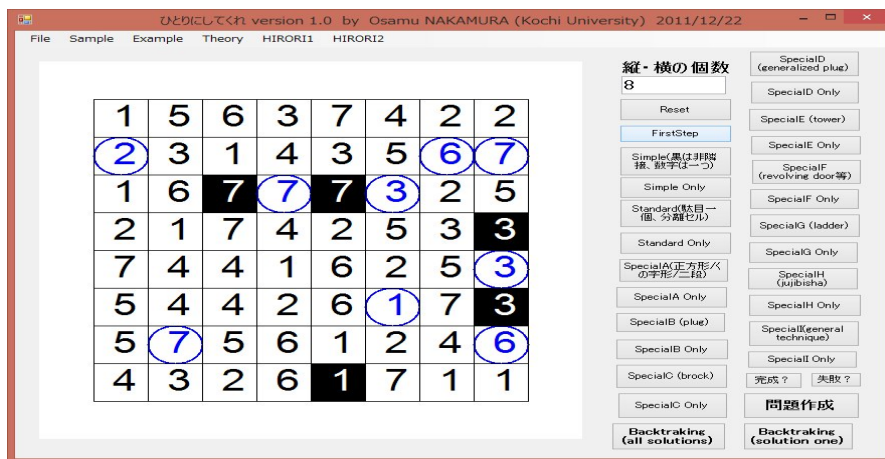
です。状況が変化したので、今までに発見した法則を繰り返し使って、どこまで解けるか調べます。



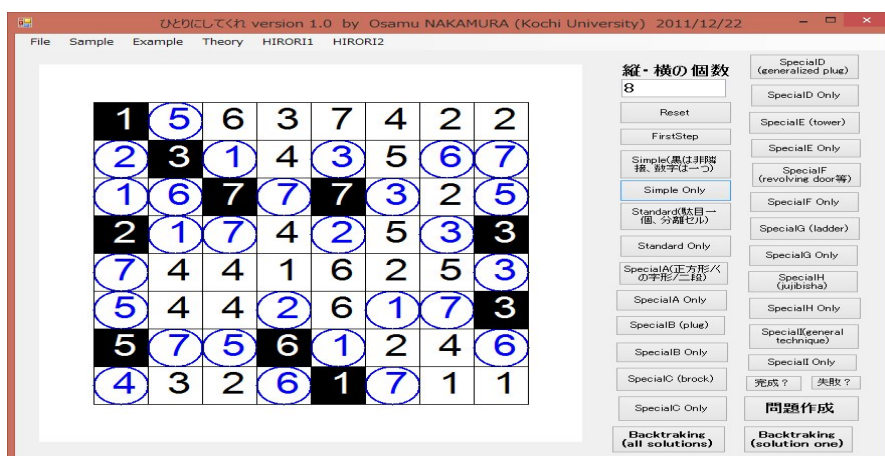
です。解けました。別の問題を考えてみます。次の問題は「ペンシルパズル 85 ひとりにしてくれ 3 ニコリ刊」の29ページにある18番 作：半袖愛好会の男 の問題です。



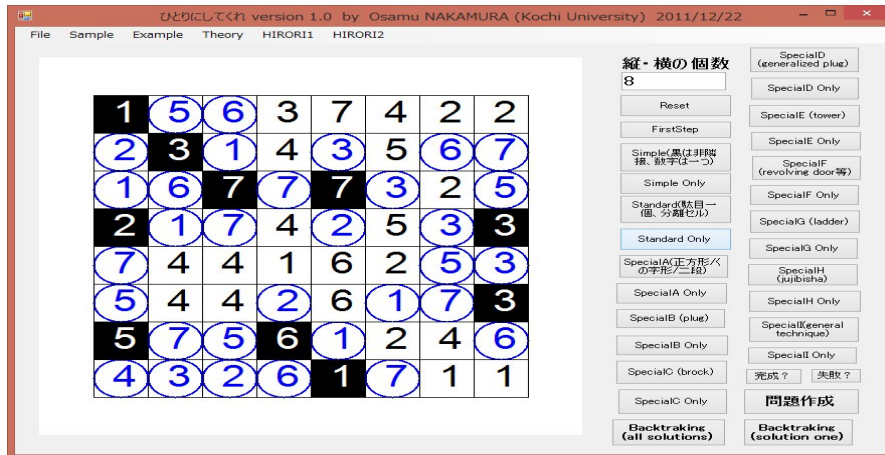
第一弾の法則で



となります。第二弾の法則を繰り返すと



となります。第三弾の法則までの法則を繰り返すと



となります。

この盤面を眺めていると左下の方にある4個の4で出来た正方形が目を引きます。

4 4

4 4

の塗り方は

■ 4 4 ■
4 ■ ■ 4

の二通りがありますが今の場合、左の塗り方では分割が起こるので、右の塗り方でなければなりません。法則に纏めます。

N N N M N N
M M N M N N

のような配置があるときは、それぞれ

■ N N ■ ■ M N ■ ■ N N ■
M ■ ■ M N ■ ■ M N ■ ■ N

の二つの可能性があり、そのどちらであるかが確定地が分離するかどうかを調べることで決定することが出来る場合がある。同じような技法で「同じ数字の縦横に隣接する三個のマス目があれば中央のマス目を黒マスに出来る場合がある」があります。すなわち

N N N N N
N N N N N N

のような配置があるときは、それぞれ

N ■ ■ N ■ ■
■ ■ N ■ ■ N

とすると確定地の分離が起こり、

■ N N ■ N N
 N N ■ N N ■

としなければいけないことがある場合がある。さらに、同じような技法であるが

N N N N H H N H H N H H H H N H N
 H H H H H H H H N H N H H H N H N
 H H N N N N N H H H N H H N

のような配置で、それぞれ

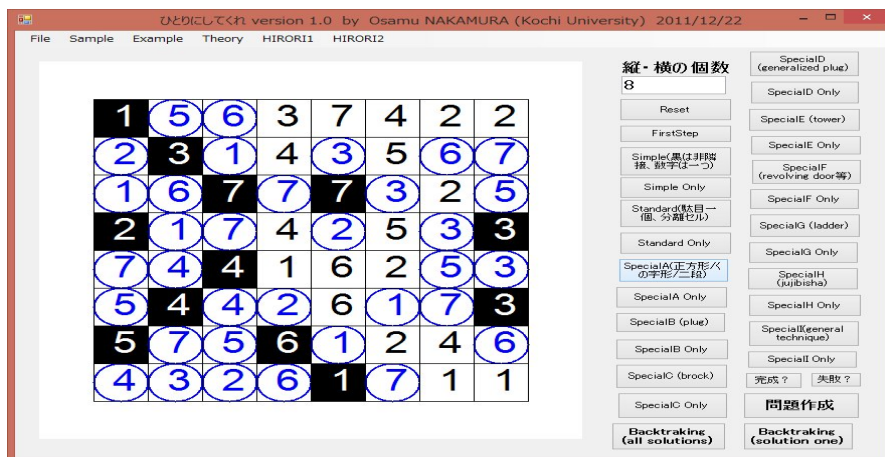
■ N N ■ ■ ■ H ■
 H ■ ■ H H ■ ■ H N ■ H ■ H ■ N ■ H ■
 ■ ■ ■ N N ■

とすると確定地の分割が起きるので

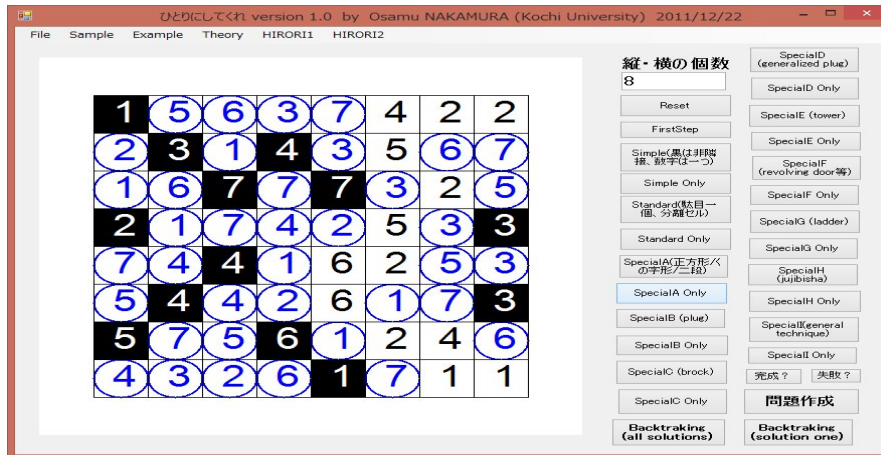
N ■ ■ N H H N ■ H ■ H ■
 ■ H H ■ ■ H H ■ N ■ H ■ H ■
 H H N ■ ■ N

としなければいけない場合がある。

これらの法則を組み込んでプログラムを作り、実行すると



となる。今まで見つけた法則を繰り返し適応すると



となる。今までに見つけた法則の適用だけではまだ解けない。しかし、これを手計算でやっていると見落としもあるし、手計算で問題解決のための法則を見つけようとするものすごい時間がかかる。しかしコンピュータでプログラムを組んでコンピュータに今まで発見した法則の適用でどこまで解けるかを調べさせることは非常に簡単です。法則発見の手間を大幅に短縮でき、研究が途中で嫌になることがないです。勿論、パズルを解くことが趣味で、一つ一つの問題を味わいながら解きたい人はコンピュータを使わず手計算で解を求めることをお勧めします。これぐらい法則を見つけると解を見つけることだけに興味があれば「バックトラッキング」という究極の技法と組み合わせコンピュータに解かせてもそれほど時間がかからないかも知れません。

法則の発見を続けましょう。上の盤面で、右から2列目の上から3番目の2を

```

3  5  6
■  7  2
2  5  3

```

黒枠にすると

```

3  5  6
■  7  ■
2  5  3

```

右から3列目の上から2番目の5または4番目の5のどちらかは黒枠にしなければいけないが、どちらを黒枠にしても確定地の分離が起こる（5がこの通路の栓になっている）ので、右から2列目の上から3番目の2は確定地に確定します。

法則は「あるマス黒マスにすると出口が同じ数字の一つ飛びの栓になっていて分断する場合があります」。つまり、

```

      A          ■          N          N
    N      N      N      N      ■      A      A      ■
      ■          A          N          N

```

のような配置がある場合、Aを黒枠にすると

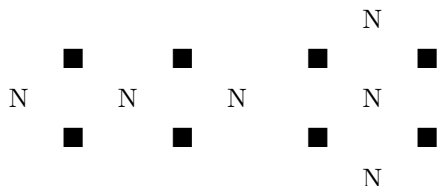


となり、どちらの N を黒枠にしても確定地の分離が起こるので、A は確定地として確定する場合があります。

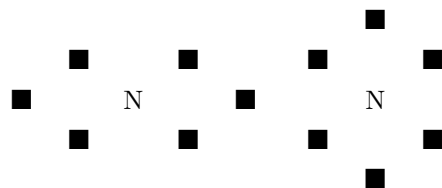
さらに、同じような法則として



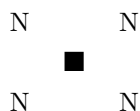
のような配置がある（N がこの通路の栓になっている）とき、別のどれかのセルを黒マスにすると盤面の分離が起きるので、そのセルを確定できる事がある。更に、この場合、両方の N を黒マスに出来ないのも、それぞれ同じ行にある N、又は同じ列にある N は黒マスになる。



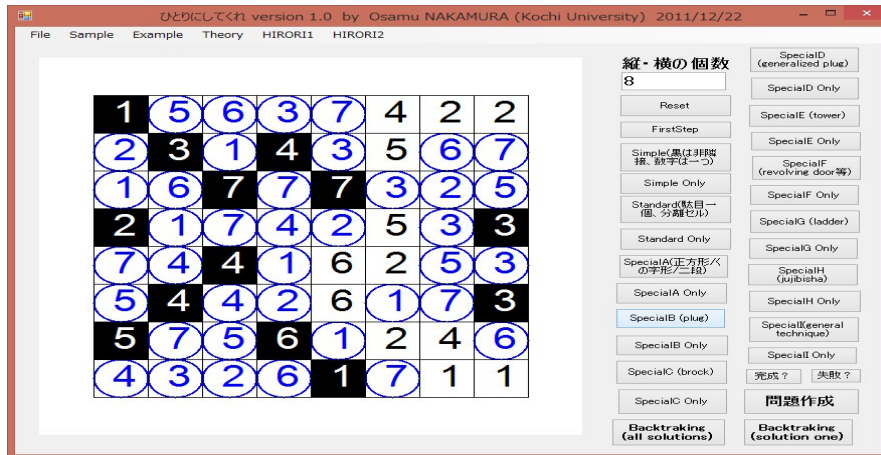
のような配置があれば、真ん中の N は黒マスにはなれない。（従って、両端の N は黒枠になる）



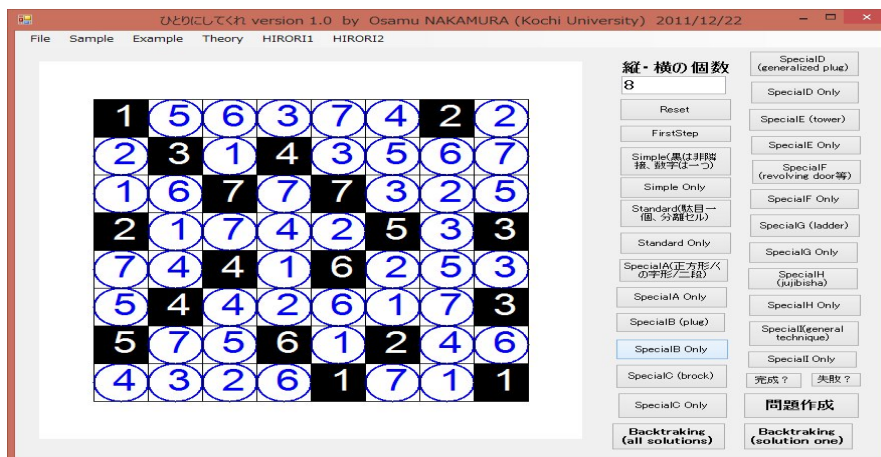
更に



の形の配置の時、ある N を確定すると分割が起こるので、黒マスに出来る場合がある。これらの法則を組み込んで実行すると



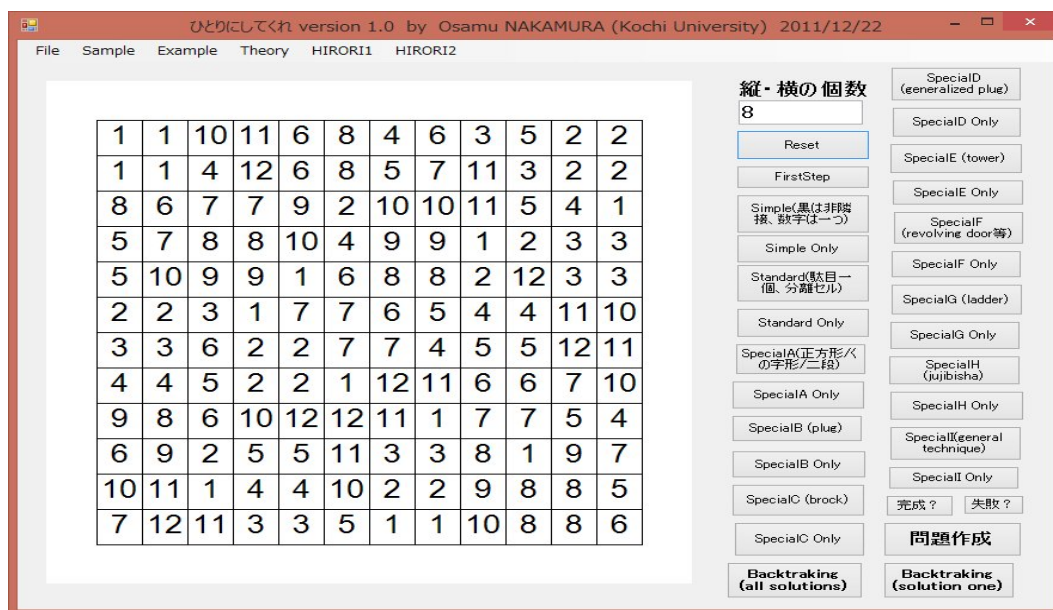
となります。今まで見つけた法則を繰り返し使うと



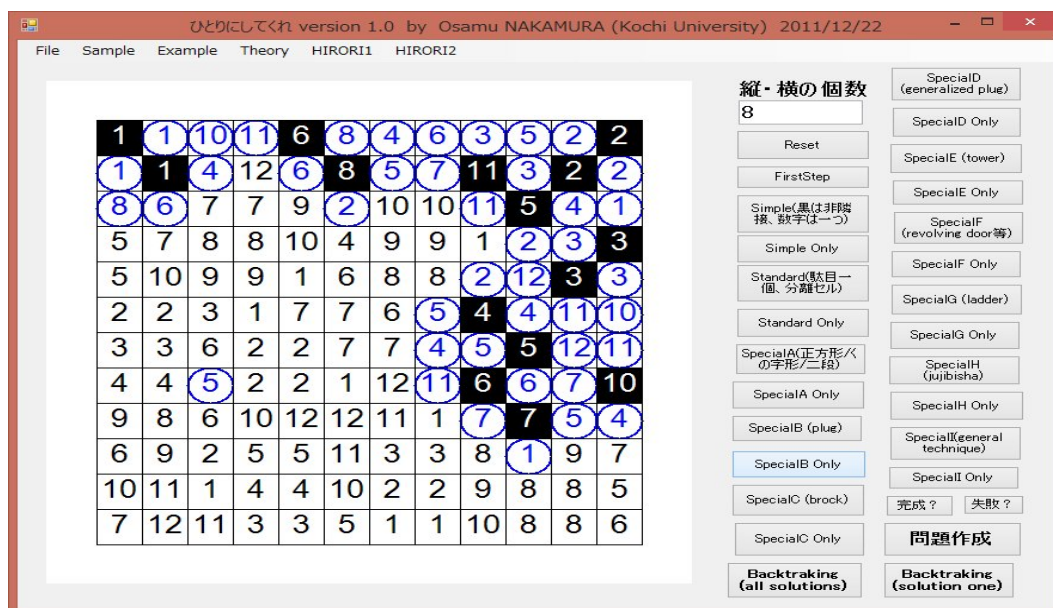
となります。この問題は今まで見つけた法則・技法だけで解けました。

しかし、これらの法則だけでは解けない問題がいっぱいあります。このパズルは盤面の大きさが制限されていないので、いくらでも複雑なトリックを使った問題が作れます。ある意味、きりがありませんが市販されているパズルぐらいいは解けるようにしてみたいものです。もう少し研究してみましょう。

次の問題は「ペンシルパズル 85 ひとりにしてくれ 3 ニコリ刊」の 53 ページにある 41 番作：かっつえかのね の問題です。



今まで見つけた法則・技法を駆使するだけでは



までしか決定できません。じっと盤面を眺めていると綺麗な数字の並びの配置がいくつありげに並んでいます。しばらく考えても新しい法則を思いつかなければ、別の問題に挑戦し、新しい法則を発見したら、またこの問題をやってみます。この場合は、左から1列目と2列目の上から6, 7, 8番目の2, 3, 4の数字のブロックに注目します。この6個の数字の塗り方は二通りありますが一方の逆くの字型の塗り方は左端の3が孤立するので、くの字型の塗り方だけが許されます。法則は

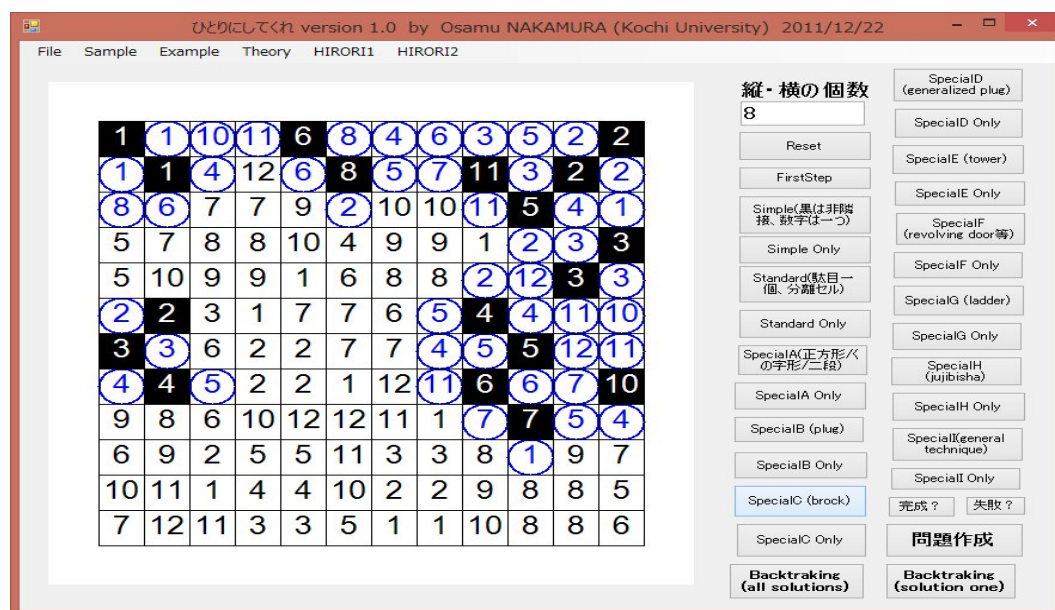
L	L	L	L	L	M	N	L	M	N
M	M	M	M	M	M	N	L	M	N
N	N	N	N	N	N	N	L	M	N

の配置があれば、それぞれ

L	■	■	L
■	M	M	■
N	■	■	N

L	■	N	■	M	■
■	M	■	L	■	N

でなければならない。これは最初の盤面の配置で使える独立した法則です。これを使うと



となります。すると左から3行目と4行目の上から3番目の7, 8, 9の数字のブロックの二通りの塗り方の一方は確定地の分割が起こるので、塗り方が一意に決まります。法則は

L	L		L	M	N
M	M		L	M	N
N	N				

の配置があれば、それぞれ

L	■	■	L
■	M	M	■
N	■	■	N

L	■	N	■	M	■
■	M	■	L	■	N

のどちらであるか確定地が分割しないかどうかを調べることで決定できる場合があります。これは上で述べた法則の一般化です。発見が遅くなりますがこの一般化された法則をプログラミングに組み込みます。

さらに、この盤面にはこの様なブロックが二つ並んだ配置があります。中央下段の5, 4, 3のブロックと3, 2, 1のブロックです。このような綺麗な配置があれば何か法則が発見できるはずです。探索してみましょう。

L	L	・	A	A
M	M	・	B	B
N	N	・	C	C

の配置があれば

■	L	・	■	A	■	L	・	A	■	L	■	・	■	A	L	■	・	A	■
M	■	・	B	■	M	■	・	■	B	■	M	・	B	■	■	M	・	■	B
■	N	・	■	C	■	N	・	C	■	N	■	・	■	C	N	■	・	C	■

の4通りの塗りわけが考えられる。この配置を眺めているとどの配置でもまず出口の数字を確定しなければ分割が起きることが分かる。

■	L	○	■	A	■	L	○	A	■	L	■	○	■	A	L	■	○	A	■
M	■	・	B	■	M	■	・	■	B	■	M	・	B	■	■	M	・	■	B
■	N	・	■	C	■	N	・	C	■	N	■	・	■	C	N	■	・	C	■

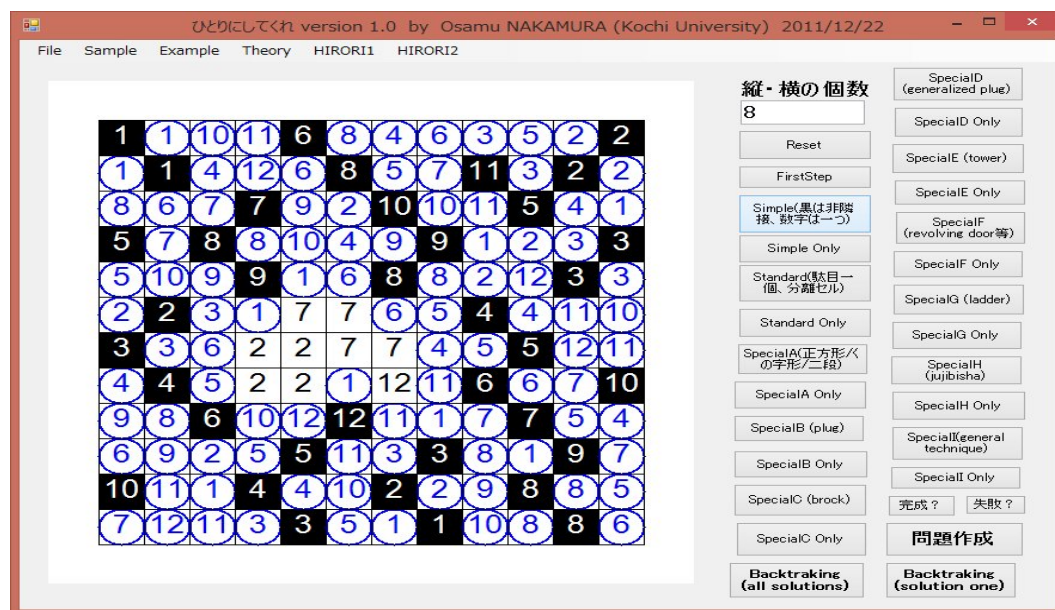
同様にその下の数字も塗りつぶすと4通りいずれの場合も分割が起こるので、これも確定する。一番下の数字はこれを塗りつぶすと分割が起こるか塗り潰しのルール違反が起こるので確定する。従って、法則は

L	L	・	A	A
M	M	・	B	B
N	N	・	C	C

の配置があれば

L	L	○	A	A
M	M	○	B	B
N	N	○	C	C

と中央の3つの数字が確定する。これは下辺だけでなくすべての辺で成立する。これらの法則を使うと



まで解くことができます。もう一息です。数字2と7のパタンに注目してこれを塗り分けたとき

分離が起こる塗りわけを排除すれば塗りわけが確定します。その場合、なるだけ一般化します。今の場合

	C	C		C	C		C		C		
A	A		A	B		A	A	C	A	B	C
B	B		A	B		B	B		A	B	

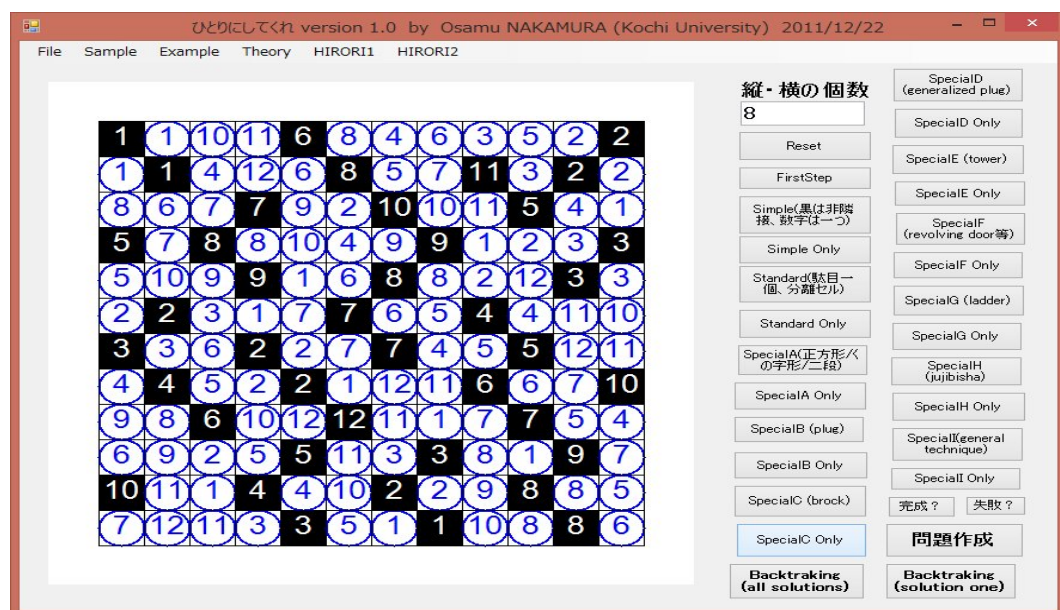
の配置があれば、それぞれ

	C	■		C	■		■		■		
A	■		A	■		A	■	C	A	■	C
■	B		■	B		■	B		■	B	

とすれば、分割が起こり

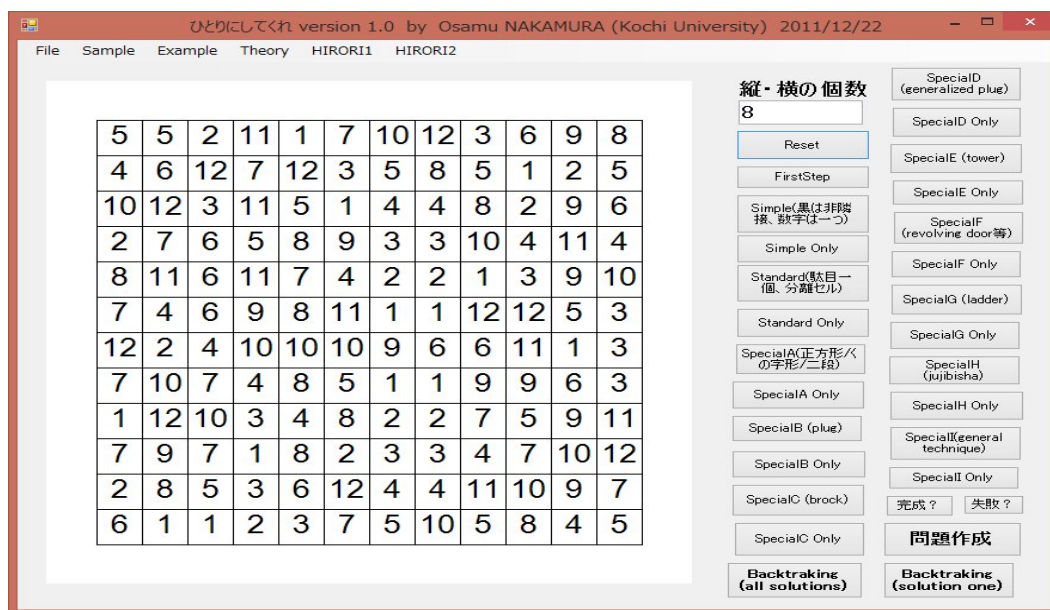
	C	C		C	C		C		C		
■	A		■	B		■	A	C	■	B	C
B	■		A	■		B	■		A	■	

に決まる場合がある。これが C の位置を変えた 4 種類あります。これをプログラムに組み込むとこの解は

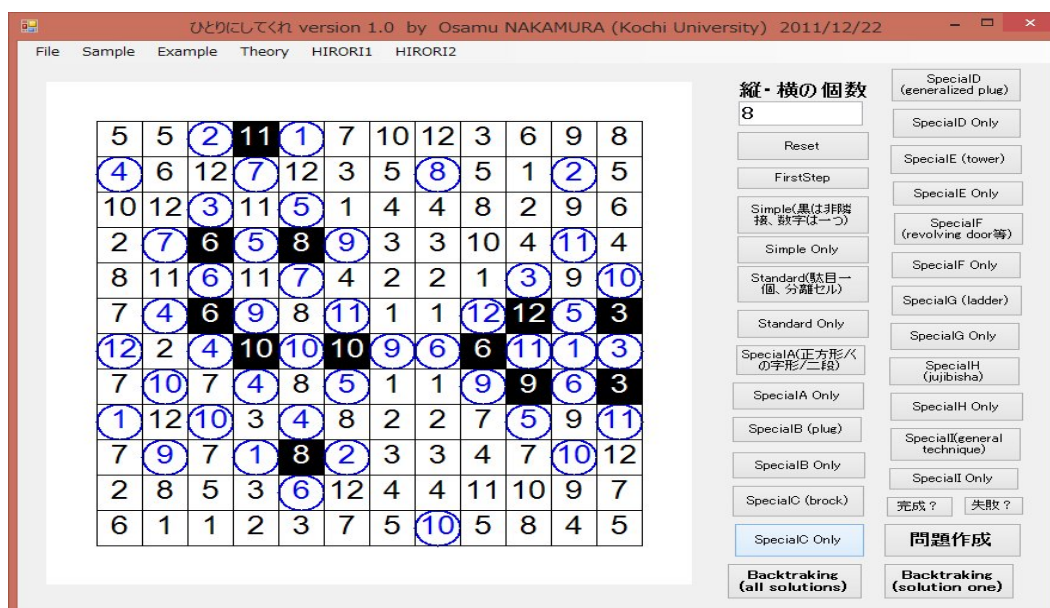


です。私のプログラムの左の列の一番下の「Special C only」のボタンを押せばこの解が表示されます。このボタンまで解説しました。

これで解決できない問題には「ペンシルパズル 85 ひとりにしてくれ 3 ニコリ刊」の 67 ページにある 55 番 作：ゆーたん があります。



があります。「Special C only」のボタンを押せば

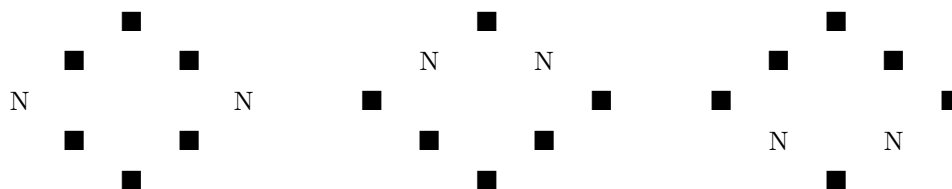


となります。今まで解説してきた法則を使うとここまで解答できるということです。次に進むためには、右から2列目の上から5番目と9番目の9に注目します。この二つの9が栓になっていて両方を黒枠にすることは出来ません。従って、どちらかは確定するのでその列の他の9はすべて黒枠になるはずで

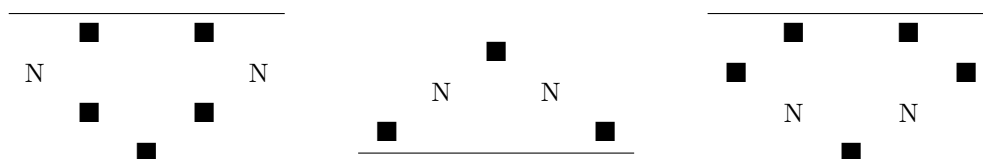
これは、上で述べた



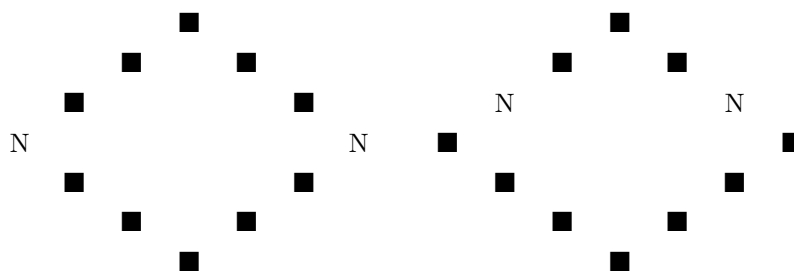
のような配置がある（N がこの通路の栓になっている）とき、別のどれかのセルを黒マスにすると盤面の分離が起きるので、そのセルを確定できる事がある。更に、この場合、両方の N を黒マスに出来ないので、それぞれ同じ行にある N、又は同じ列にある N は黒マスになるという法則の拡張になっています。即ち、



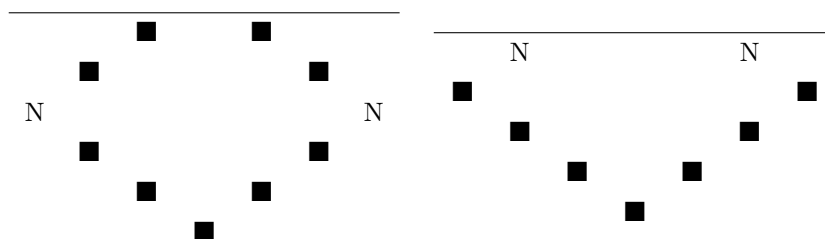
及びその壁際の形の場合



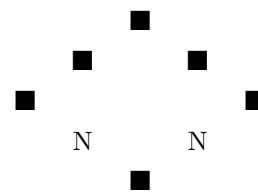
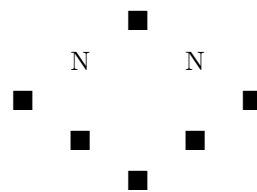
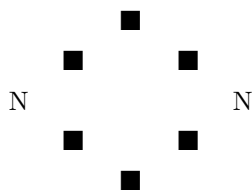
なども N がこの通路の栓になっているので、別のどれかのセルを黒マスにすると盤面の分離が起きるので、そのセルを確定できる事がある。更に、この場合、両方の N を黒マスに出来ないので、それぞれ同じ行にある N、又は同じ列にある N は黒マスになるという法則を見つけたことになります。このテクニックは容易に



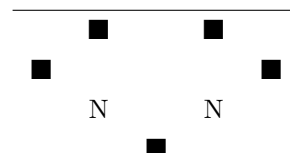
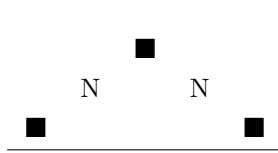
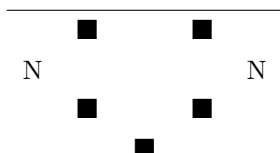
などやその壁際の形の場合



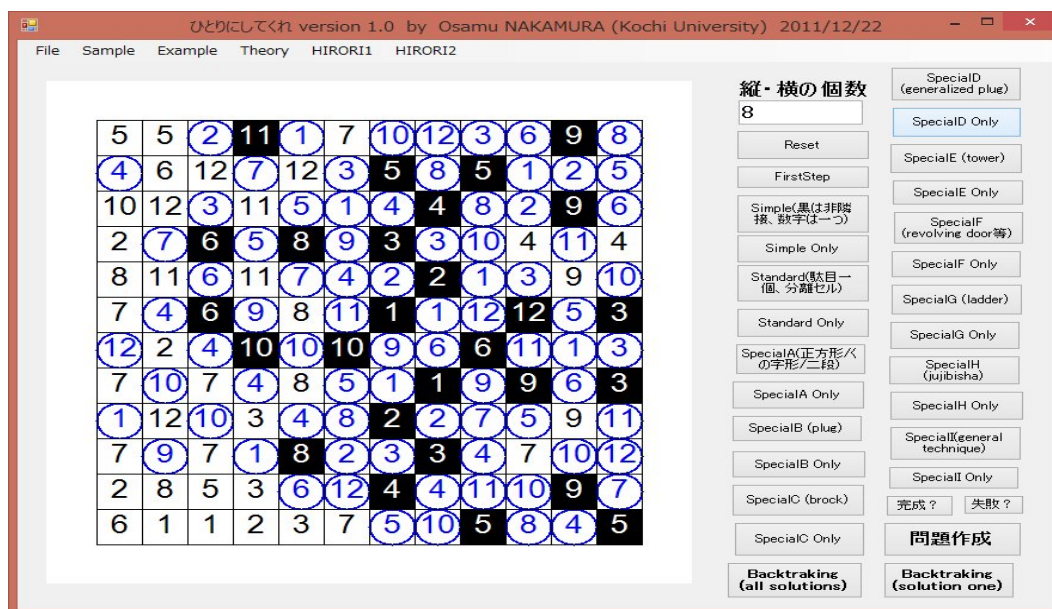
などに幾らでも拡張できます。あらゆる可能性に対処できるようにプログラミングするためには高度な技術が必要になります。ここでは単純な一辺 3 の正方形（菱形）及びその辺際の形だけに対応するようにします。



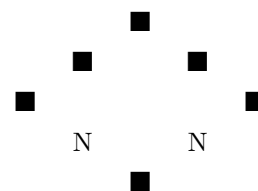
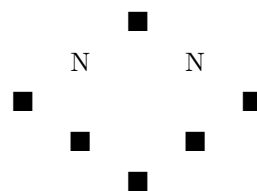
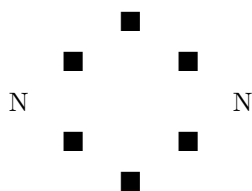
及びその壁際の場合



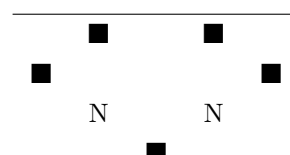
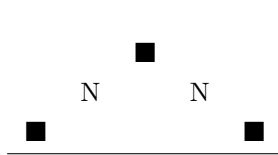
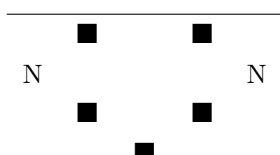
なども N がこの通路の栓になっているので、両方の N を黒マスに出来ないので、それぞれ同じ行にある N、又は同じ列にある N は黒マスになるという法則と今まで見つけた法則を繰り返して使おうと



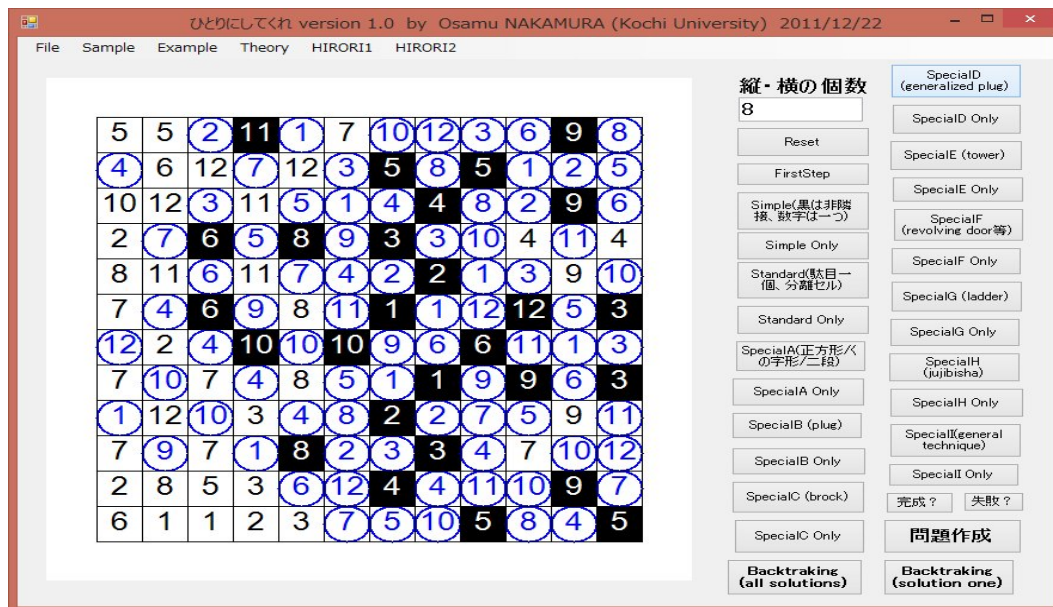
まで解決できます。次のステップは手計算では見つけにくいですが



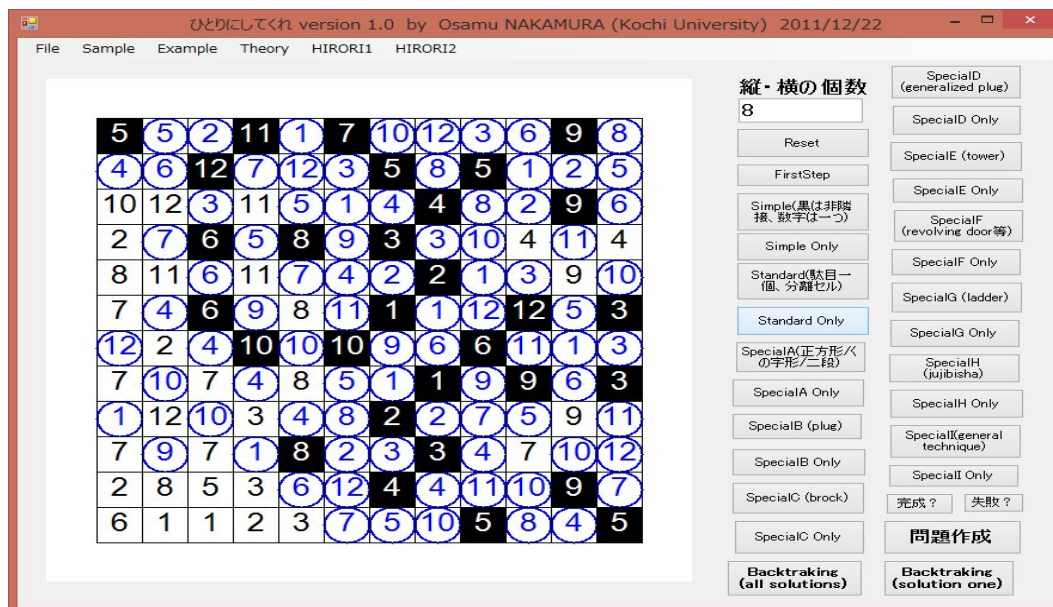
及びその壁際の場合



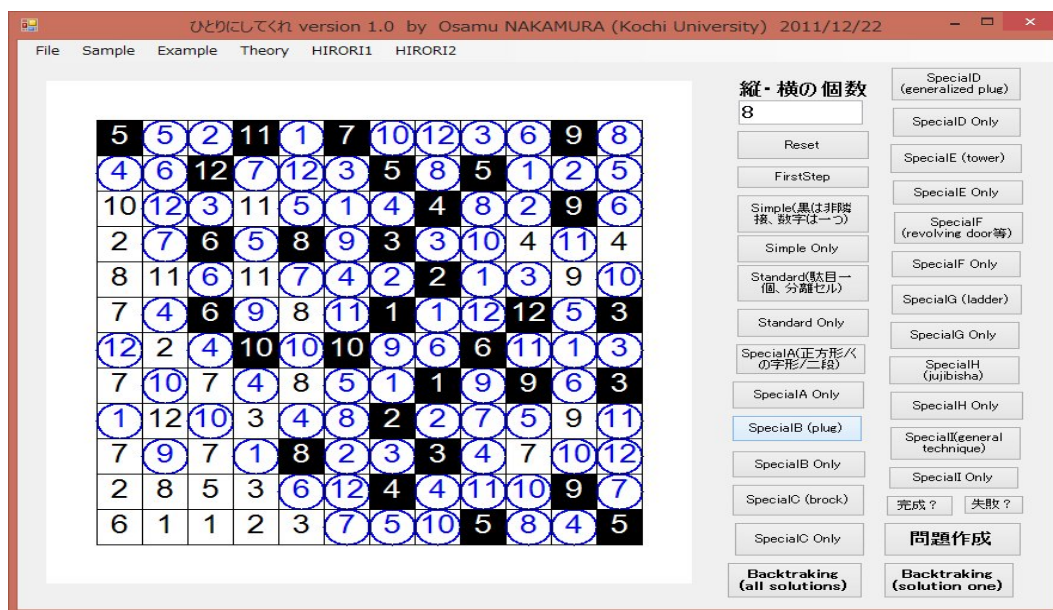
なども N がこの通路の栓になっているので、別のどれかのセルを黒マスにすると盤面の分離が起きるので、そのセルを確定できる事があるを今考えている右から 2 列目の上から 5 番目と 9 番目の 9 の二つの 9 からなる栓に適用すると左から 6 列目の一番下の 7 を黒マスにすると分割が起こるのでこの 7 は確定することが分かります。



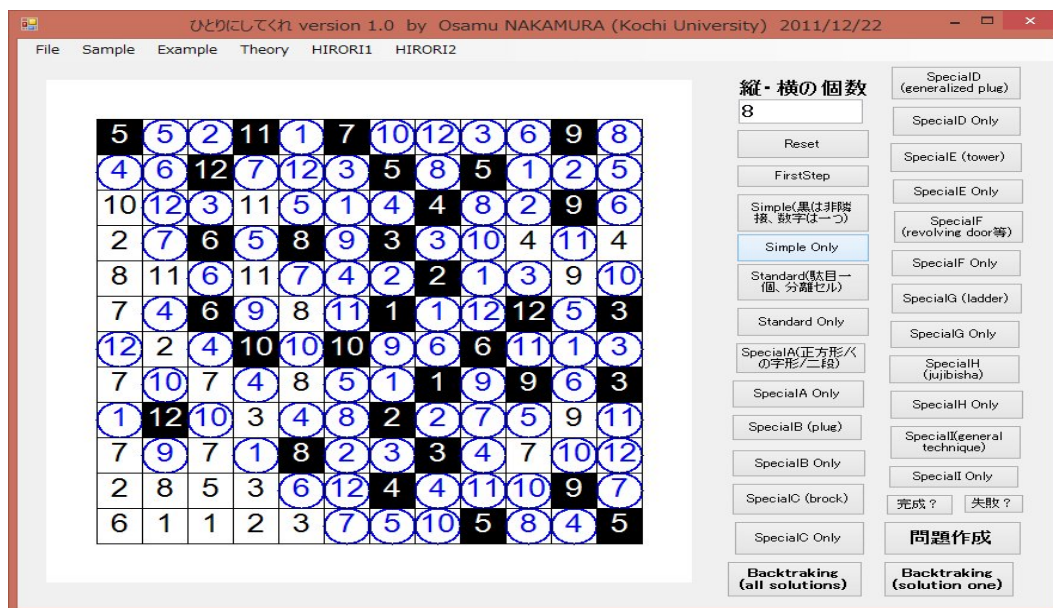
第 3 段階までの法則を繰り返し使うと



となります。単独の栓に注目するだけでは上手く行きませんが、上から 5 行目の左から 2 番目の 1 1 と 4 番目の 1 1 からなる栓と左から 5 列目の上から 6 個目の 8 と 8 個目の 8 からなる栓の二つを使うと左から 2 列目の上から 3 番目の 1 2 を黒枠にすると分割が起こることに気付きます。このように複数の栓を考慮に入れて、どれかのセルを黒枠にすると分割が起こるのでそのセルを確定出来ることがあるという法則を使うと



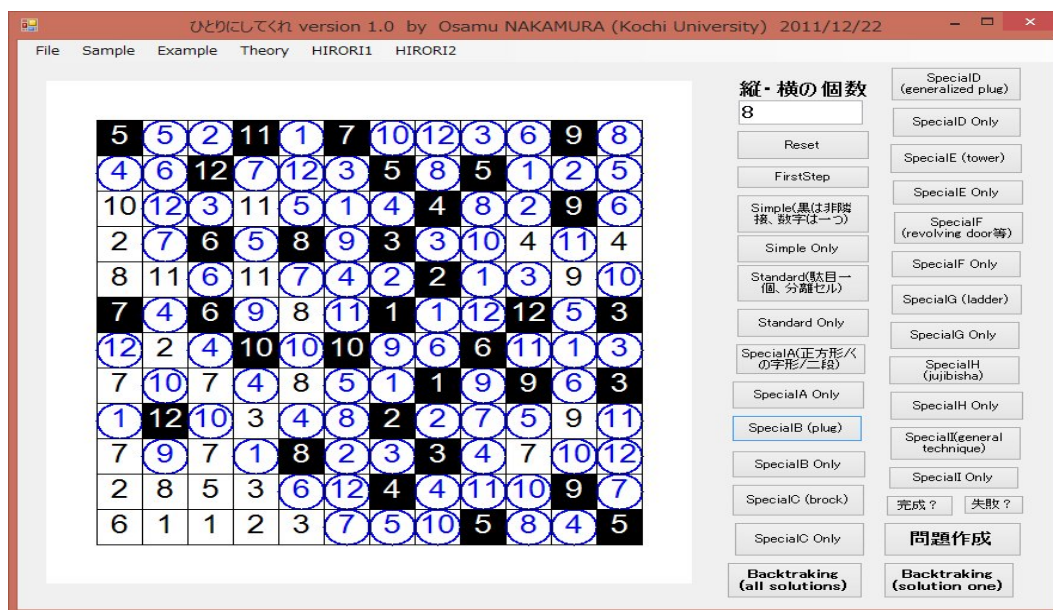
となります。従って、左から2列目の上から9番目の1 2が黒枠になります。



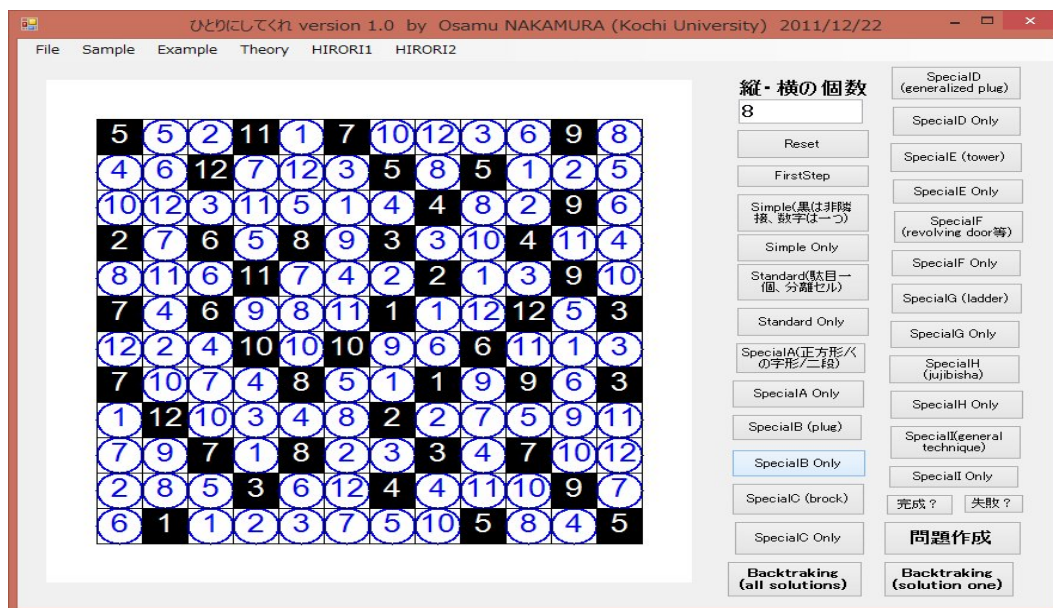
すると左の下の方にある7からなる

N N
 ■
 N N

の形の配置と左から5列目の8からなる栓とを組み合わせると7の塗りわけを決定することも出来ますが、左端の3個の7を考察することにより、栓を構成している7以外の7は黒枠になるから

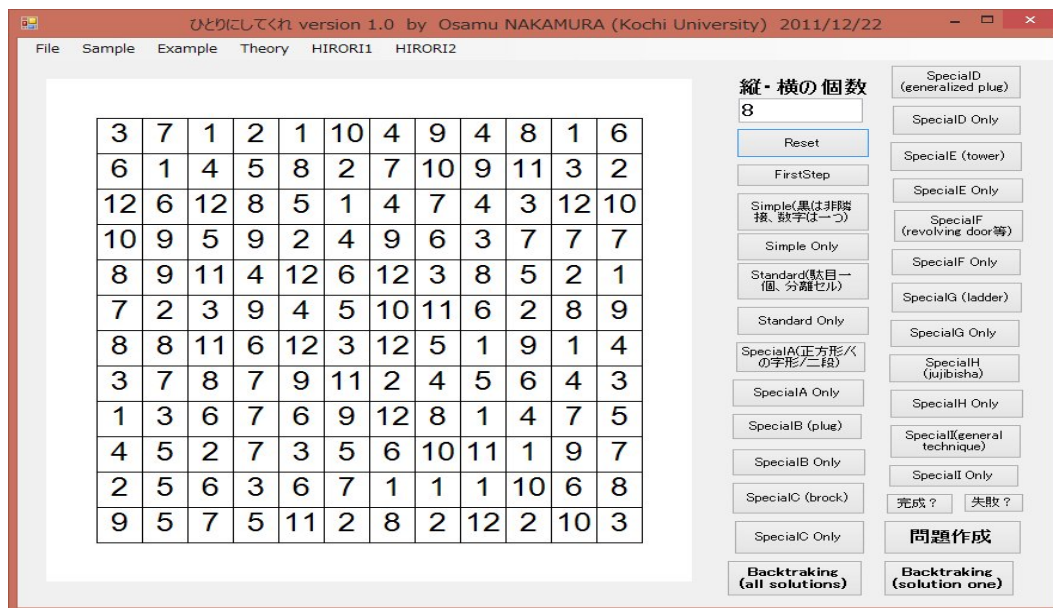


となります。後は今まで述べた法則を繰り返し使うことにより

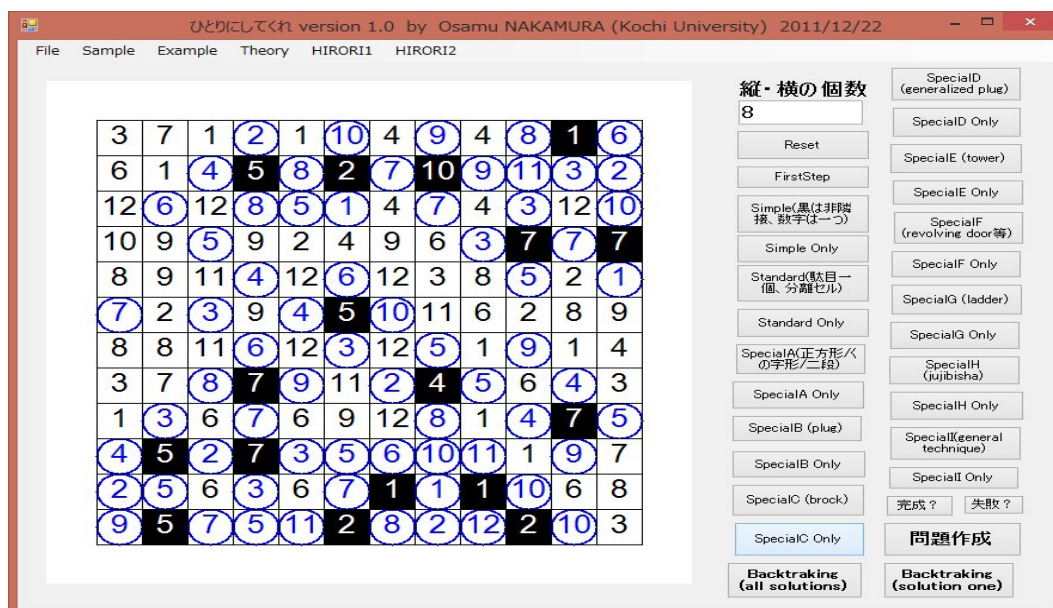


を得ます。つまり、「栓を構成している数字の一方は確定するのでその栓と同じ列または同じ行の栓と同じ数字は黒枠になる」という法則と「一般に複数の栓を考慮に入れて、どれかのセルを黒枠にすると分割が起こるのでそのセルを確定出来ることがある」という法則を追加することによりこの問題を解くことが出来ました。

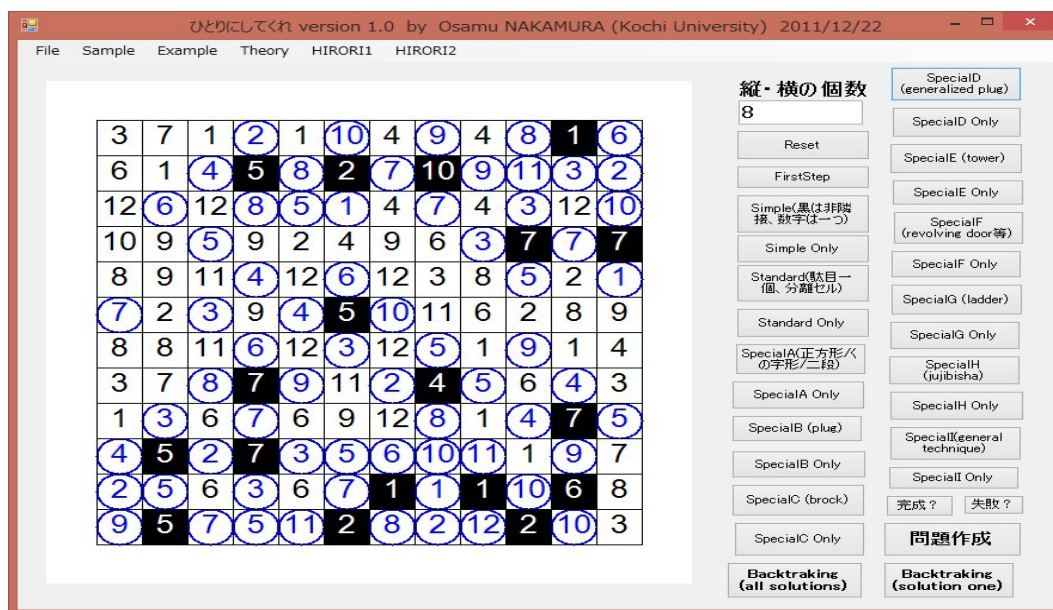
同じ種類の問題で練習してみましょう。次の問題は「ペンシルパズル 85 ひとりにしてくれ 3 ニコリ刊」の 91 ページにある 79 番 作：あぶら虫 です。



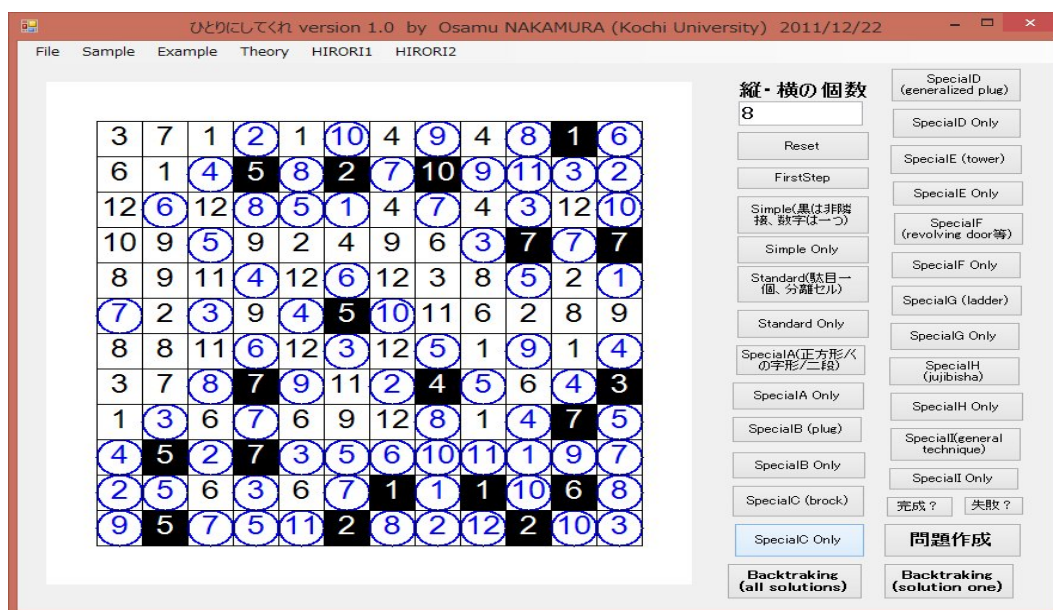
「SpecialC Only」 ボタンを押すと



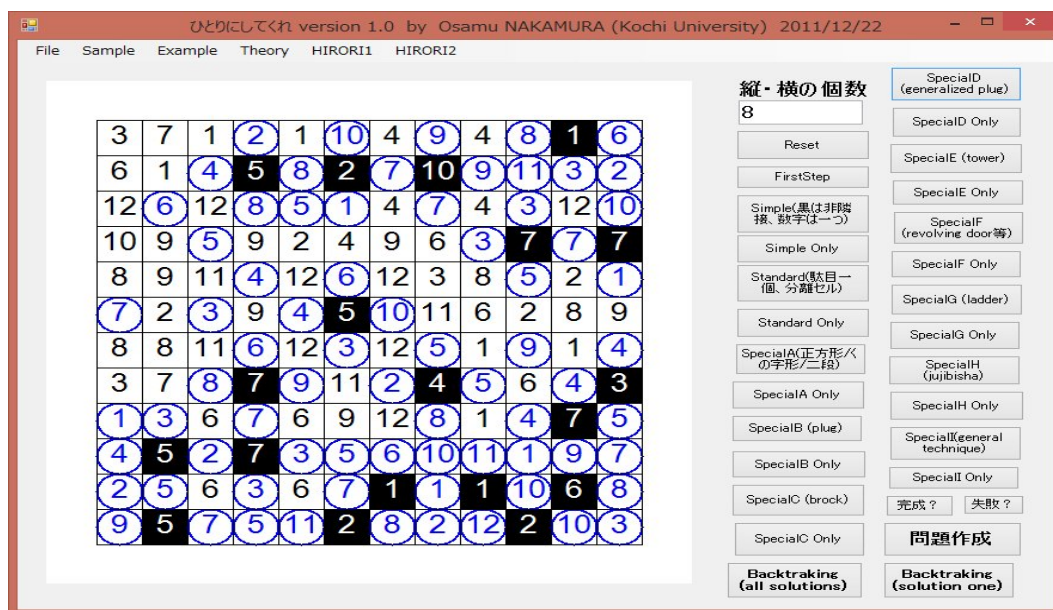
となります。「栓を構成している数字の一方は確定するのでその栓と同じ列または同じ行の栓と同じ数字は黒枠になる」という法則を使うことにより、



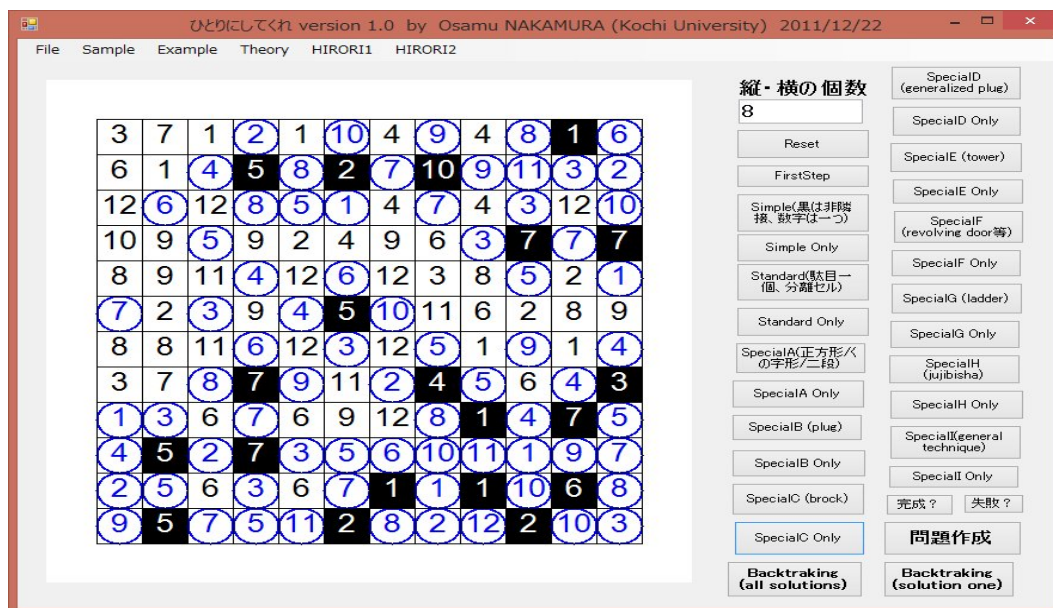
となります。右から2列目の下から2番目の6が黒枠になります。「SpecialC Only」ボタンを押すと



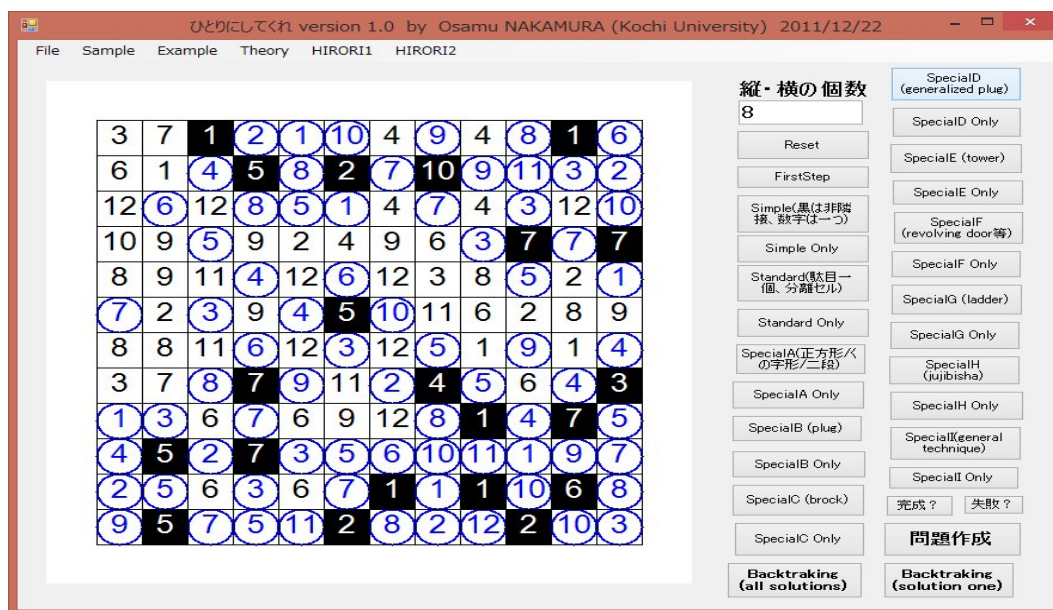
なります。次のステップは左下の方にある3つの栓を構成する正方形の角に配置された4個の6と左の端の列の下から4番目の1に対して「一般に複数の栓を考慮に入れて、どれかのセルを黒枠にすると分割が起こるのでそのセルを確定出来ることがある」という法則を適用することにより



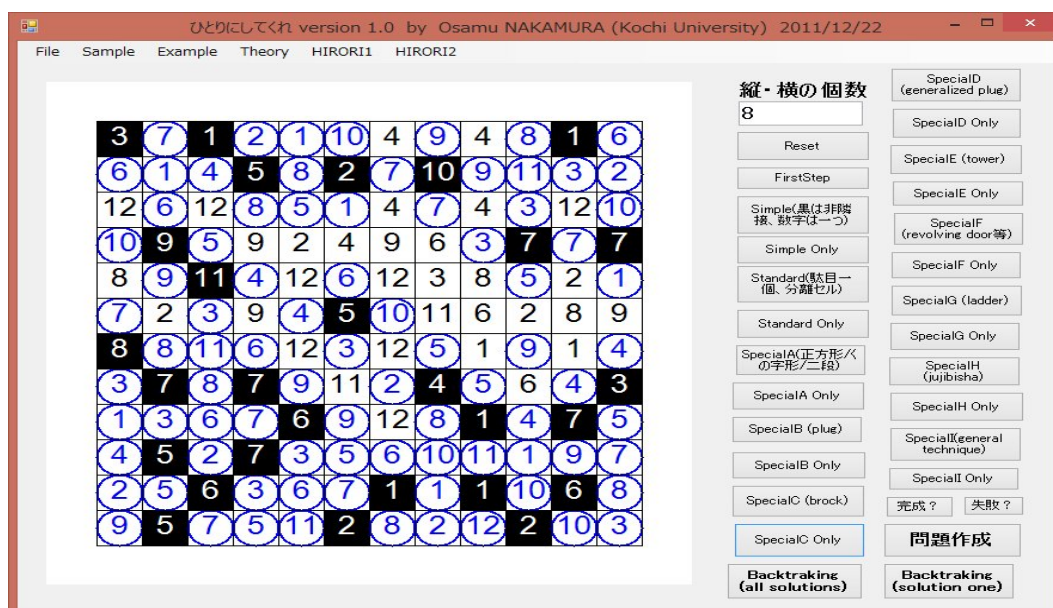
を得ます。「SpecialC Only」 ボタンを押すと



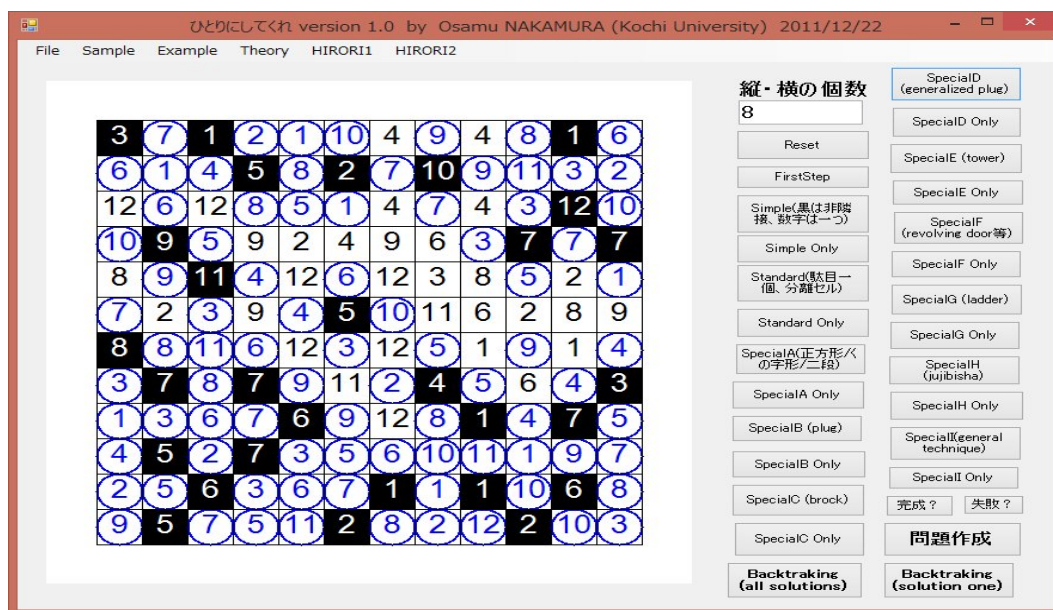
を得ます。上端の数字 4 からなる栓と右から 6 列めにある数字 4 からなる栓に対して、上端の左から 5 番目の数字 1 に対して「一般に複数の栓を考慮に入れて、どれかのセルを黒枠にすると分割が起こるのでそのセルを確定出来ることがある」という法則を適用することとその結果として上端の左から 3 番目の 1 が黒枠になります。即ち



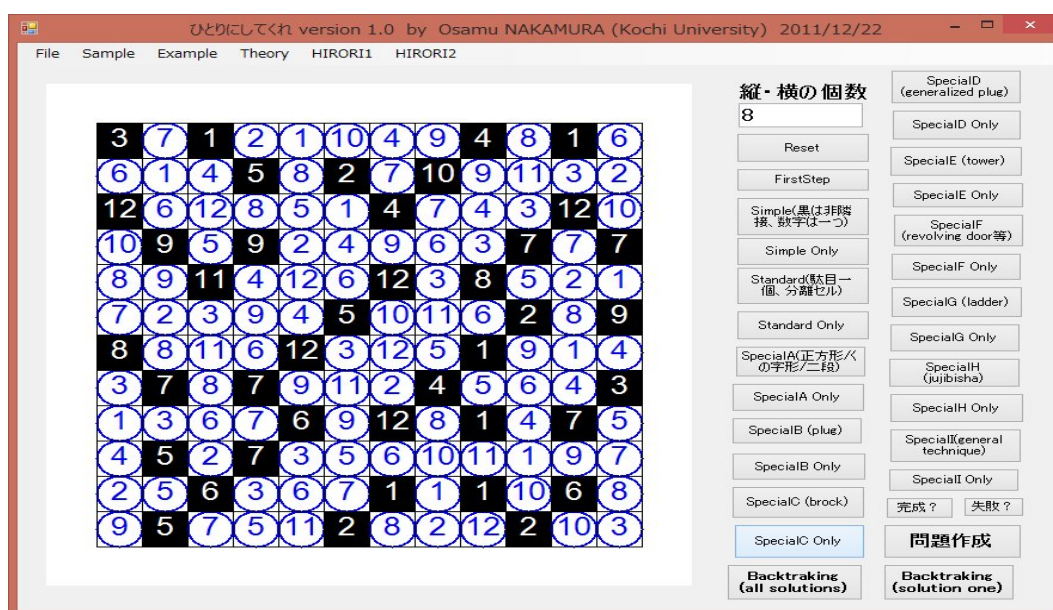
を得ます。「SpecialC Only」 ボタンを押すと



上から3行目の左から1番目の1 2と3番目の1 2からなる栓に対して、「栓を構成している数字の一方は確定するのでその栓と同じ列または同じ行の栓と同じ数字は黒枠になる」という法則を使うことにより、



となります。同じく、上から3行目の左から1番目の1と2番目の1からなる枠に対して、「一般に複数の枠を考慮に入れて、どれかのセルを黒枠にすると分割が起こるのでそのセルを確定出来ることがある」という法則を適用することにより、左から2列目の上から6番目の2が確定しますが、この法則を使わなくても「SpecialC Only」ボタンを押すと



となります。手計算で解を求めるのは解くのに必要なテクニック・法則を覚えていてもなかなか大変です。

更に、今まで見つけた法則と複数の枠との組み合わせで、盤面の分割が起きないようにするために、セルを確定できる事があるという法則を組み立てることが出来ます。具体的には

A
N N
■

のような配置で A を黒枠にすると栓が出来、他の栓達と合わせると盤面の分割が起きるので、A を確定できる事がある。これは4種類あります。以下、「他の栓達と合わせると盤面の分割が起きるので、」とは書いていませんが同様に考えて下さい。

同じ数字の縦横に隣接する三個のマス目

N N N N N N
N N N N N N

があれば中央のマス目を黒マスに出来る場合がある。

N N
■
N N

の形の時、あるNを確定すると分割が起こるので、黒マスに出来る場合がある。

N N N N
N N N N M
M

などの配置 (revolving door) があるとき、M を黒マスにすると分割が起こるので、M が確定する事がある。実際は以下の様な状況で良いがニコリのパズルでは上のような場合が多い。

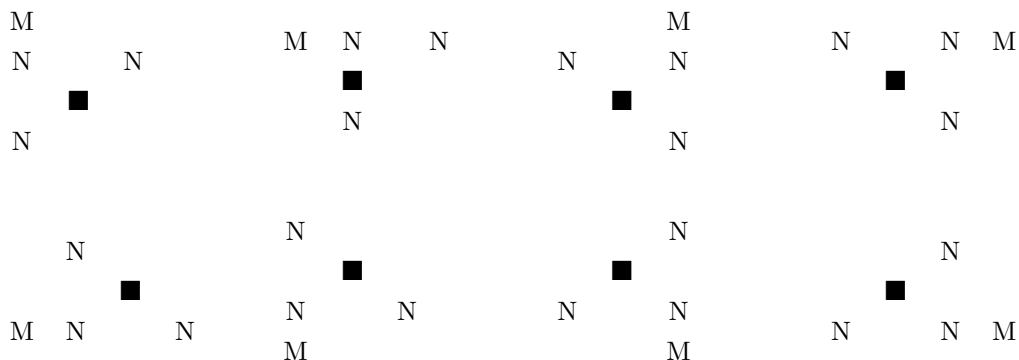
M M M N N N
N N N N N M N N
N N

N N N N M N
N N N N N N N M
M M

の配置があるとき、M を黒マスにすると分割が起こるので、M が確定する事がある。

N N N N
■ ■
N N N N M
M

などの配置 (revolving door) があるとき、M を黒マスにすると分割が起こるので、M が確定する事がある。実際は以下の様な状況で良いがニコリのパズルでは上のような場合が多い。

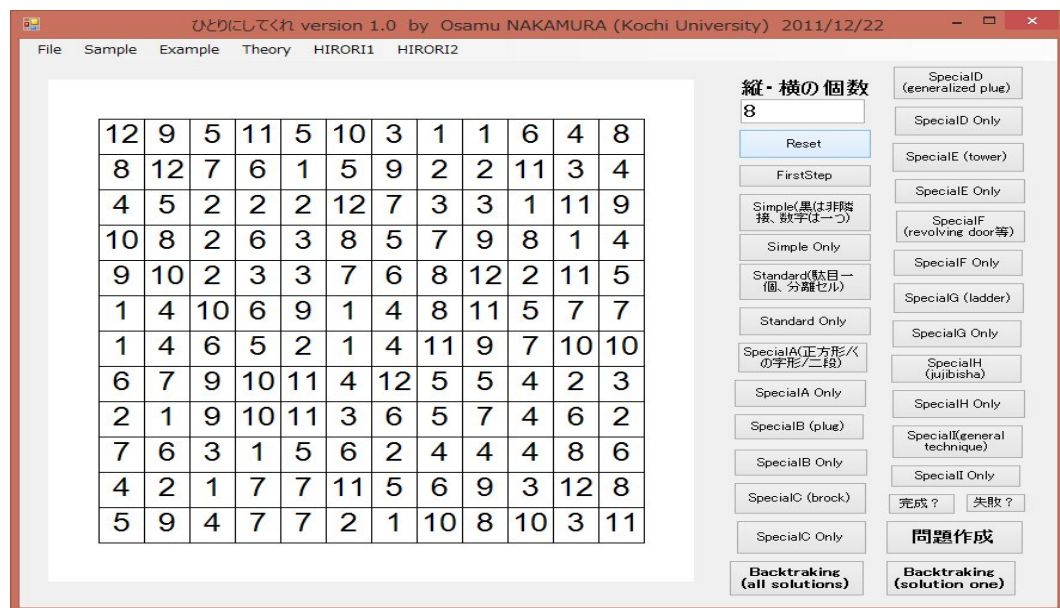


の配置があるとき、Mを黒マスにすると分割が起こるので、Mが確定する事がある。

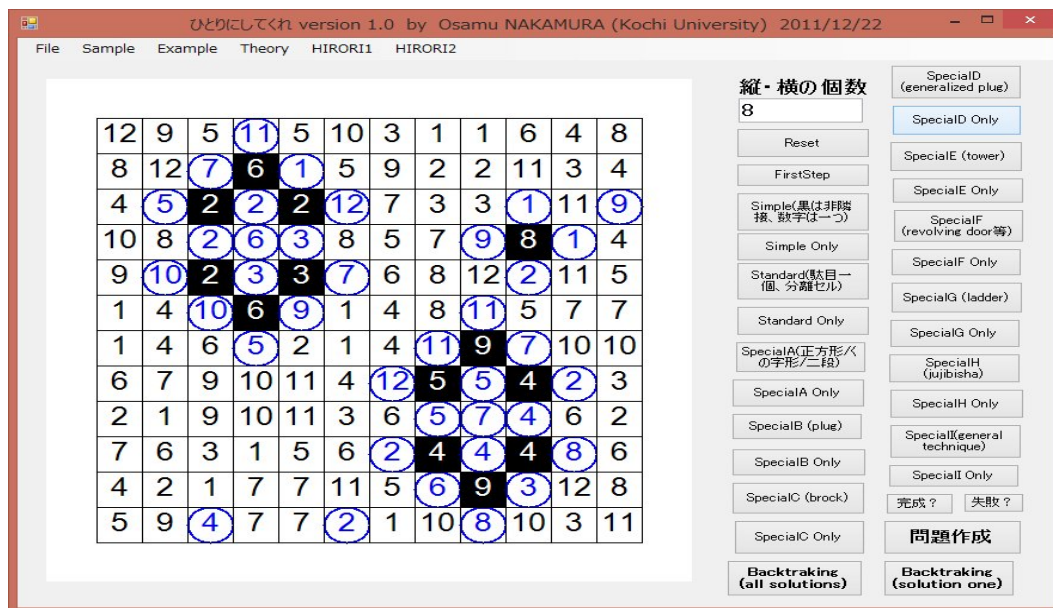
「SpecialD Only」のボタンを押せば、これらの法則と今まで説明してきた法則を繰り返し実行するようプログラミングしている。

解くのに必要なテクニック・法則をプログラミングしてあれば、この場合「SpecialD Only」のボタンを押せば一瞬で解いてくれます。パズルの解析（解くのに必要なテクニック・法則の探索）を行う場合はコンピュータは強力なツールになります。「SpecialD Only」のボタンでは解決できない問題を探します。

次の問題は「ペンシルパズル 85 ひとりにしてくれ 3 ニコリ刊」の 84 ページにある 72 番作：まいなすよん です。



「SpecialD Only」のボタンを押すと



となります。

この問題を解く手がかりは最下段にある 10 で作られている栓

6	■	3
10	8	10

と右端の中ほどにある

7	7	
10	10	

の配置です。この平方形は

■	7			7	■	
10	■			■	10	

の二通りの塗り方がありますが、右の塗り方では、栓が邪魔して分割が起こります。従って、左の塗り方に確定します。この法則を使うと

■	4
1	■

と塗り分けなければならないことが分かる。従って、法則は「塔の塗り方は二通りあるが一般に複数の栓を合わせて考察すると分割を起こさない塗り合わせは一通りに決まる場合がある」という法則に纏めることが出来る。「SpecialD Only」のボタンを押すと



となります。

「SpecialE Only」のボタンには、三段の塔の法則だけプログラミングしています。更に、

A	A	A	A	Q	Q	A	A	A	A
Q	B	B	B	B	B	B	B	B	B
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

のような配置の場合、塔に隣接するセル Q が確定する事がある。勿論、これを90度回転した場合もあり、それらも「SpecialE Only」のボタンを押すことでチェックできるようにしてあります。

M	P	M	P	P	M	M	M	M	M
M		M	P	M		P	M	P	

の配置でPを黒マスにすると分割が起こることがある。

M	M	M	M	P	P	M	P	M	
P		P		M	M	M		M	P

の配置でPを黒マスにすると分割が起こることがある。

M	M	M	M	P	P	M	P	M	
P		P		M	M	M		M	P

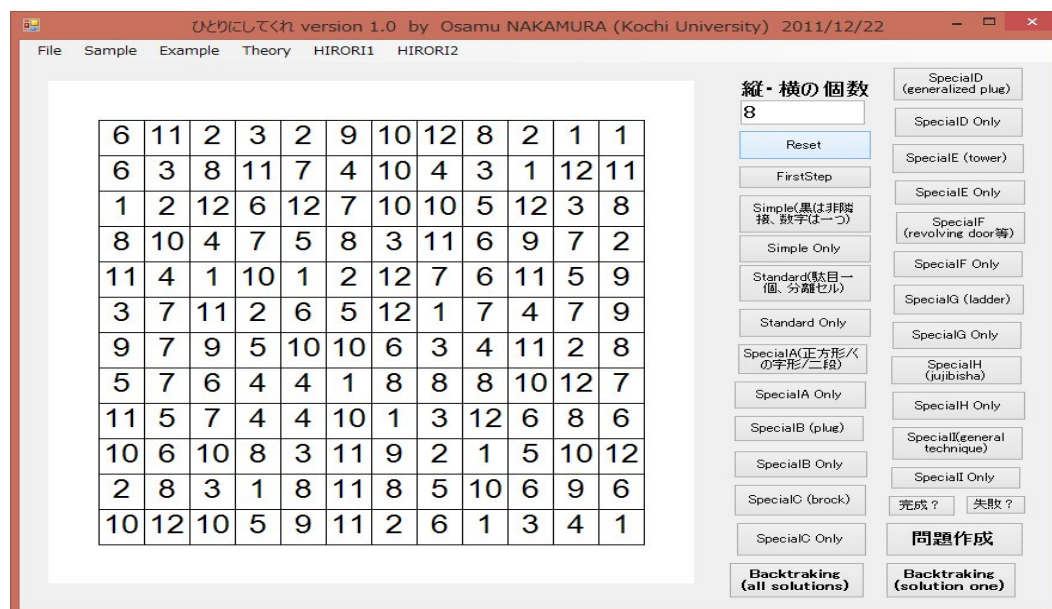
の配置でPを黒マスにすると分割が起こることがある。

M	P	M	P	M	M	M	M
M		M	P	M	P	P	P

の配置でPを黒マスにすると分割が起こることがある。更に、これらは辺にくっついていなくても起こり得ます。これらの法則も「SpecialE Only」のボタンを押すとチェックするようにしてあります。これらの法則をひたすらプログラミングするのは大変でいかに一般的な法則に纏めあげ短いプログラムにするかが腕の見せ所ですし、いくらでも複雑な問題を作り得ることが理解できたと思います。

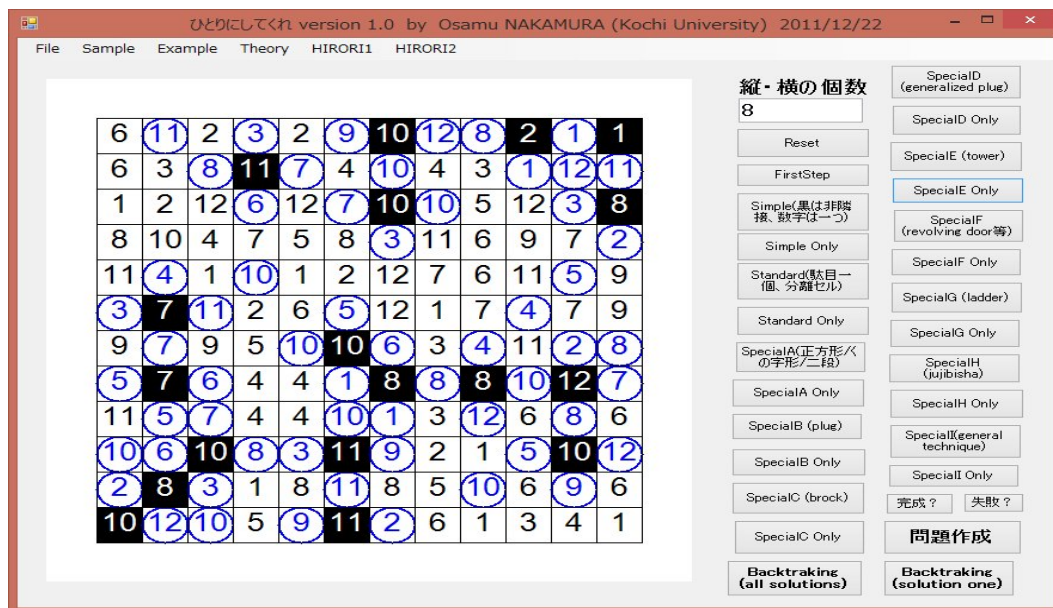
本当はこれらの法則を実際に使う必要がある例題をそれぞれ提示しないと法則の解説としては完全とは言えませんがそれは省略させて下さい。見つけたり、作ったりするのは大変です。手作業で問題を作っている皆さんの努力には頭が下がります。

今まで説明した法則だけでは解決できない問題（「SpecialE Only」のボタンを押すだけでは解決しない問題）は



です。この問題は「ペンシルパズル 55 ひとりにしてくれ 1 ニコリ刊」の 88 ページにある 76 番 作：ねこあい護家 の問題です。

「SpecialE Only」のボタンを押すと



となります。この問題の解法のカギは左端中央にある配列

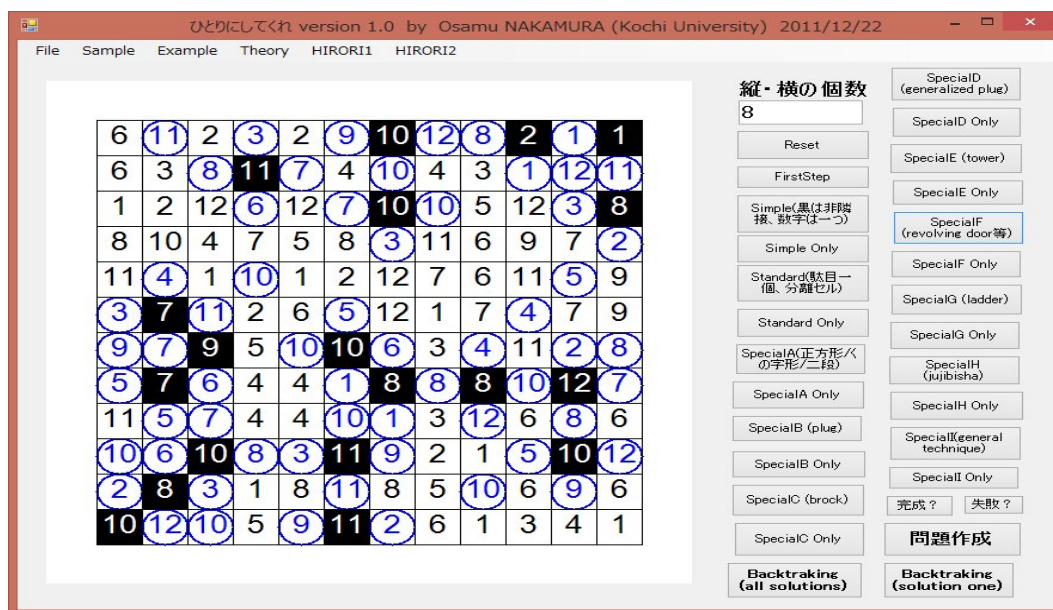
1	1		
		■	
9			9
		■	
1	1		

に注目することです。9の塗り方は

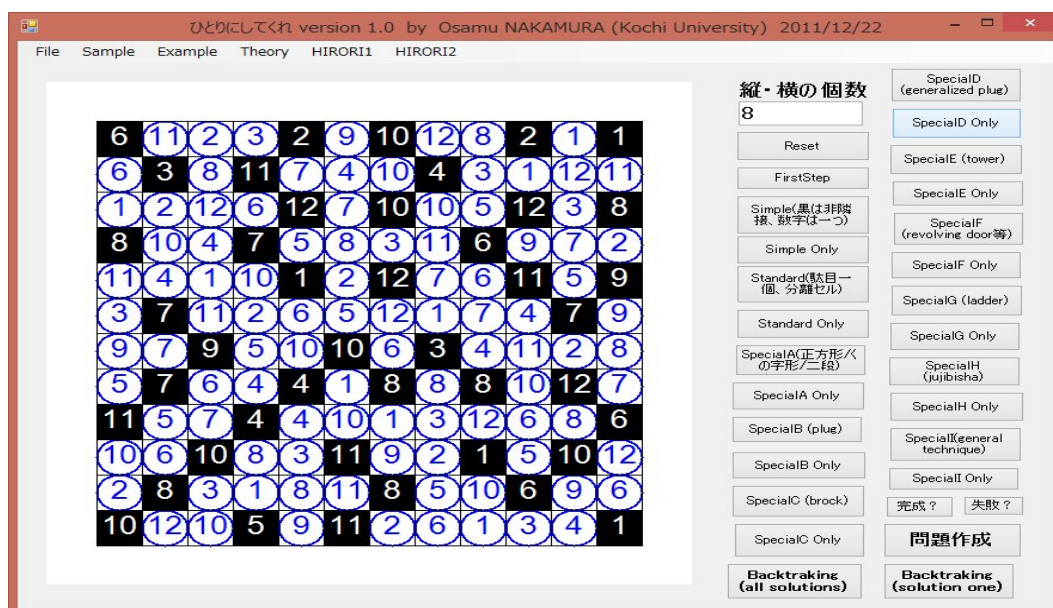
1	1		
		■	
■			9
		■	
1	1		

1	1		
		■	
9			■
		■	
1	1		

の二通りありますが、左の塗り方をするると1 1のどちらを残しても分離した領域が残るので、右の塗り方に確定します。このような配置を「二重栓」と呼ぶことにします。この法則を使うと

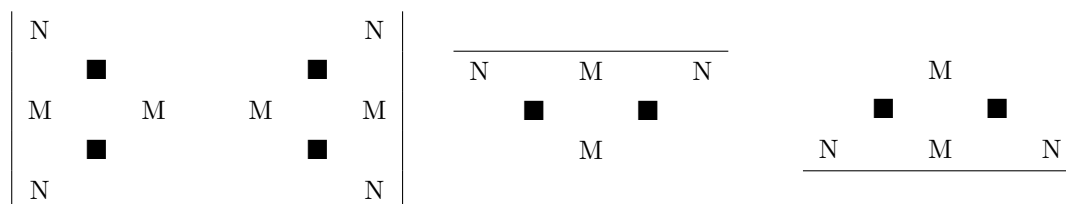


となります。後は「SpecialD Only」のボタンを押すと

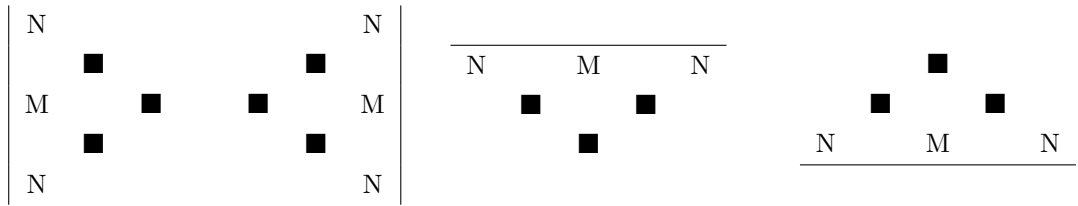


となります。

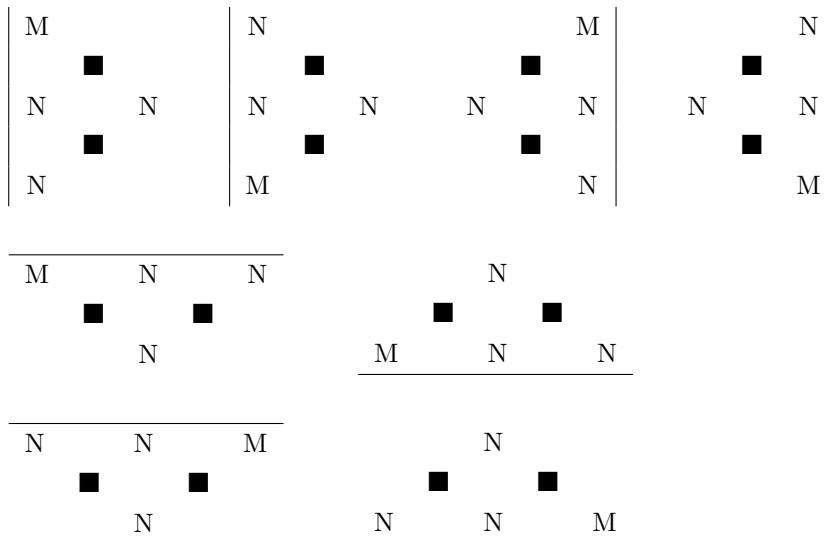
ここで使った法則は次のようなものです。



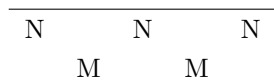
の配置があれば、それぞれ



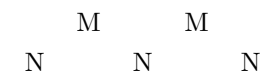
となる。更に、次のような法則も有ります。



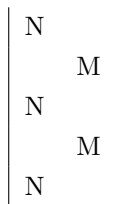
の配置があれば、それぞれ M は確定する（黒枠にはならない）。



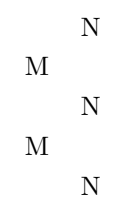
の配置があれば、第 1 行の他の N は黒マスになる。



の配置があれば、最終行の他の N は黒マスになる。



の配置があれば、第 1 列の他の N は黒マスになる。

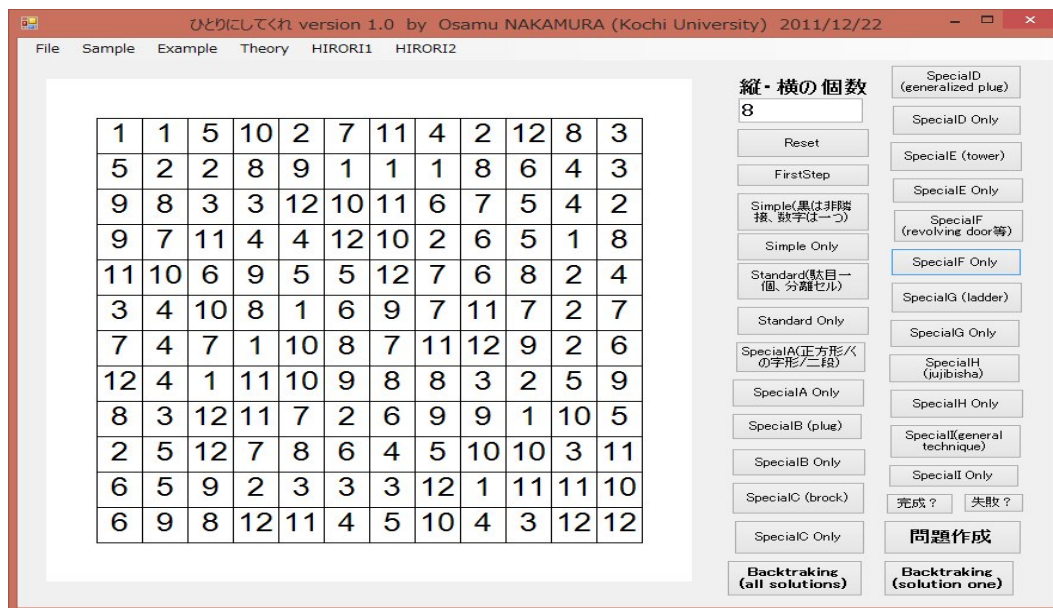


$$\begin{array}{ccccc} N & N & & N & N \\ N & N & & N & N & M \\ & M & & & & \end{array}$$
$$\begin{array}{ccccccc} M & & & M & & & \\ N & N & & N & M & N & N \\ & & & & N & & N \\ N & & & N & & M & N & N \end{array}$$

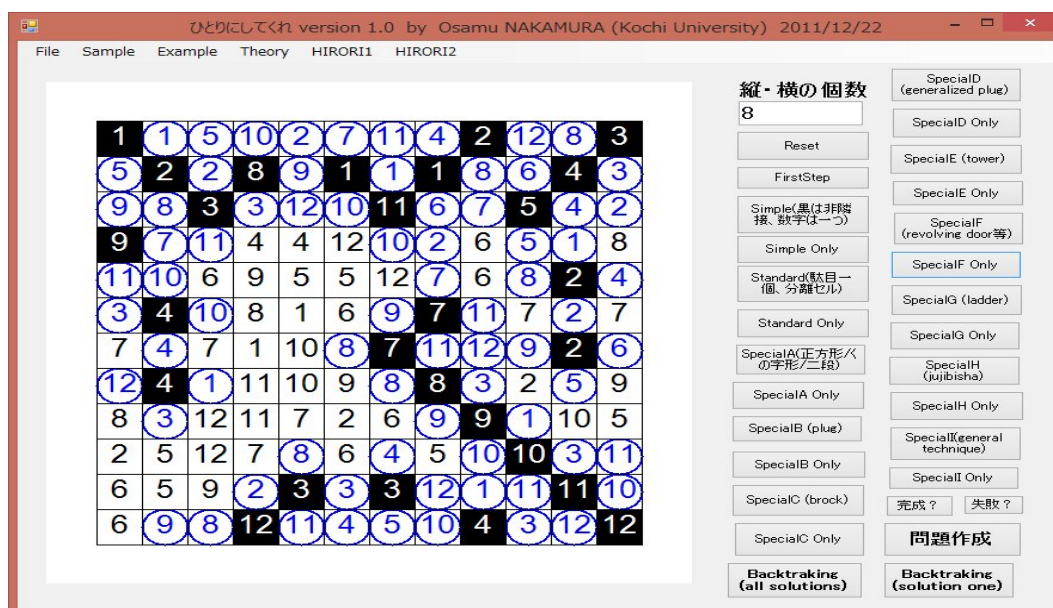
$\begin{array}{ccccccc} & N & & N & & N & & N \\ & \blacksquare & & & & \blacksquare & & \\ N & & N & & & & & \\ M & & & N & & N & M & \end{array}$

Figure 1 displays two 8x8 matrices. The left matrix has 'N' in most cells, with 'M' at (1,8), (2,4), (3,8), (5,8), (6,4), and (8,8). The right matrix has 'M' at (1,1), (1,3), (1,7), (2,1), (2,3), (2,7), (3,2), (3,6), (4,2), (4,6), (5,1), (5,3), (5,7), (6,1), (6,3), (6,7), (7,2), (7,6), (8,2), (8,6), and 'N' in all other cells.

39



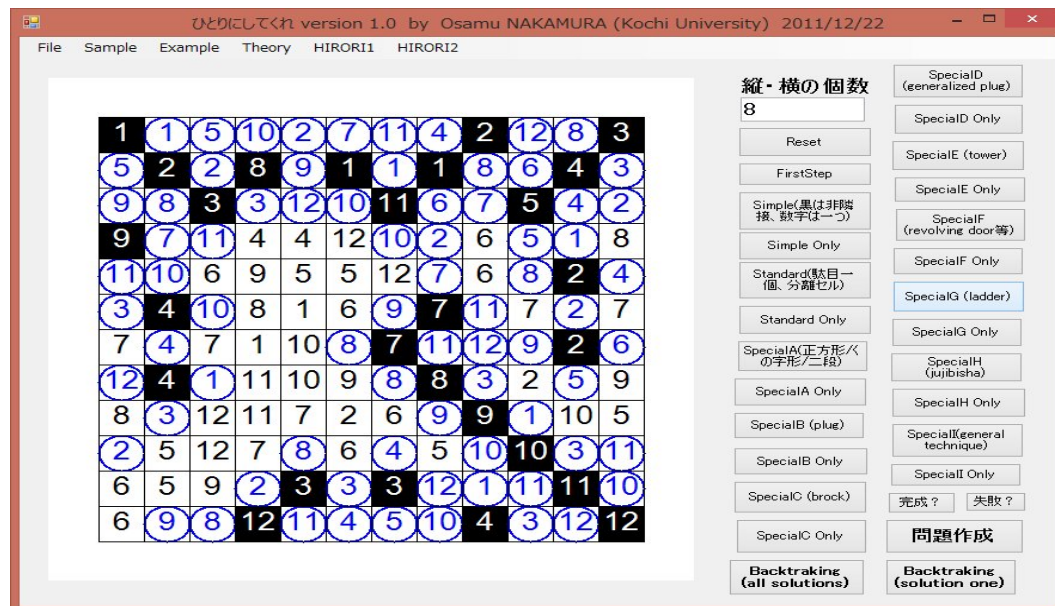
です。この問題は「ペンシルパズル 85 ひとりにしてくれ 3 ニコリ刊」の 83 ページの 71 番 作：ふおるにしあ の問題です。「SpecialF Only」のボタンを押すと



となります。この問題を解く手がかりは左下隅から伸びている階段

10
11 10
12 11
5 12
6 5
6

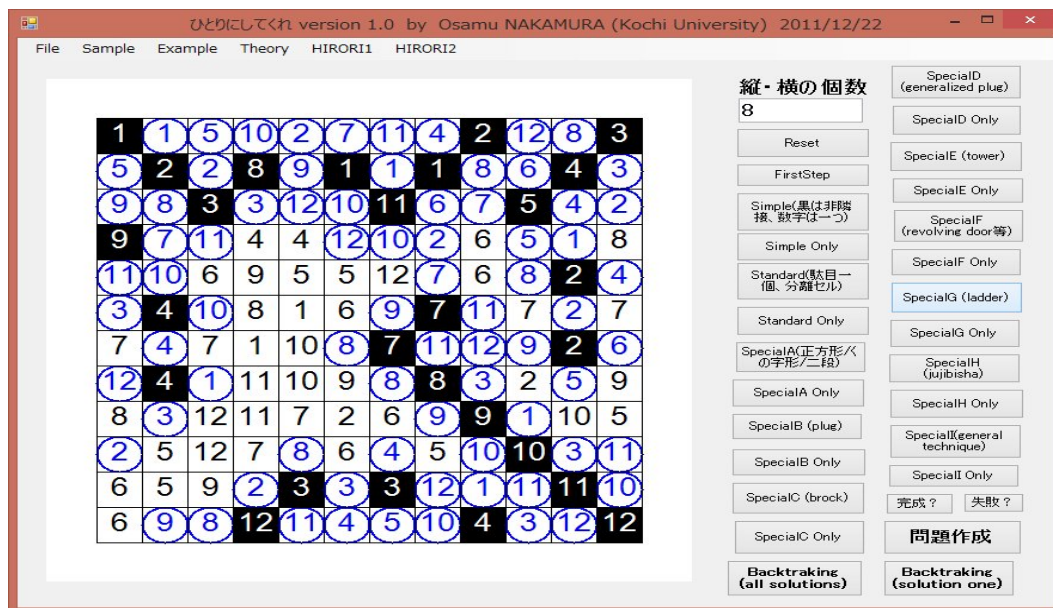
です。ニコリのパズルには見た目の美しさと解法のヒントを与えるために、この様に際立った図形がちりばめられています。この階段に隣接するセル（数字のことです）を黒枠にすると階段の一部の塗りわけが誘導され、分割が起こるためそのセル（数字のことです）が確定する場合があります。これが法則です。今の場合、左の端の下から3番目の2が確定します。「SpecialG (ladder)」のボタンを押すと



となります。「SpecialF Only」のボタンを押して変化なく、次の段階に進むにも「階段に隣接するセル（数字のことです）を黒枠にすると階段の一部の塗りわけが誘導され、分割が起こるためそのセル（数字のことです）が確定する場合があります」という法則を使います。今度はほぼ中央にある階段

4 4
5 5

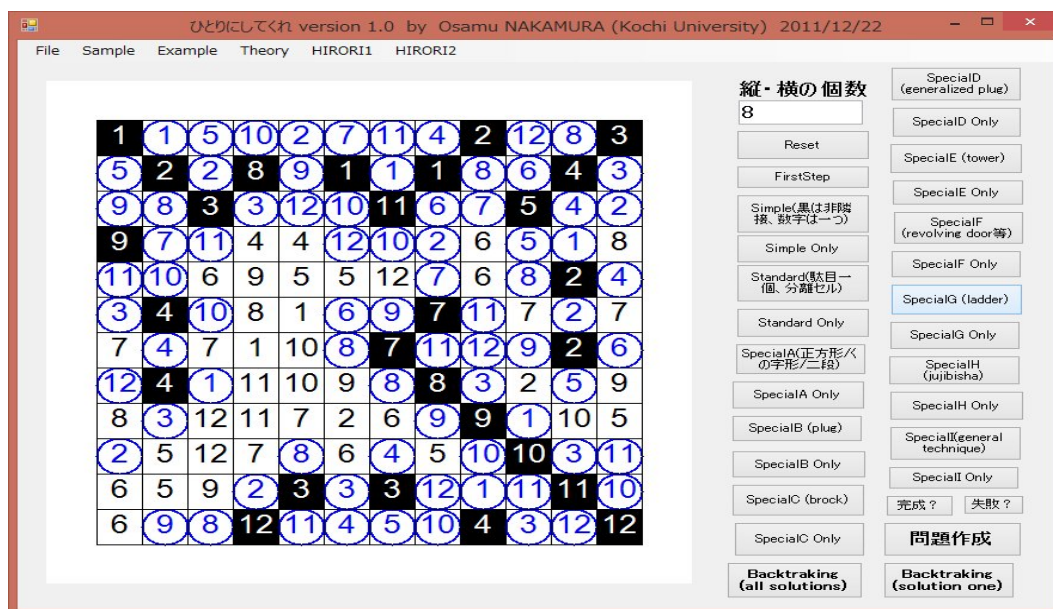
に注目します。するとこの階段に隣接する左から6列目の上から4番目の12が確定することが分かります。「SpecialG (ladder)」のボタンを押すと



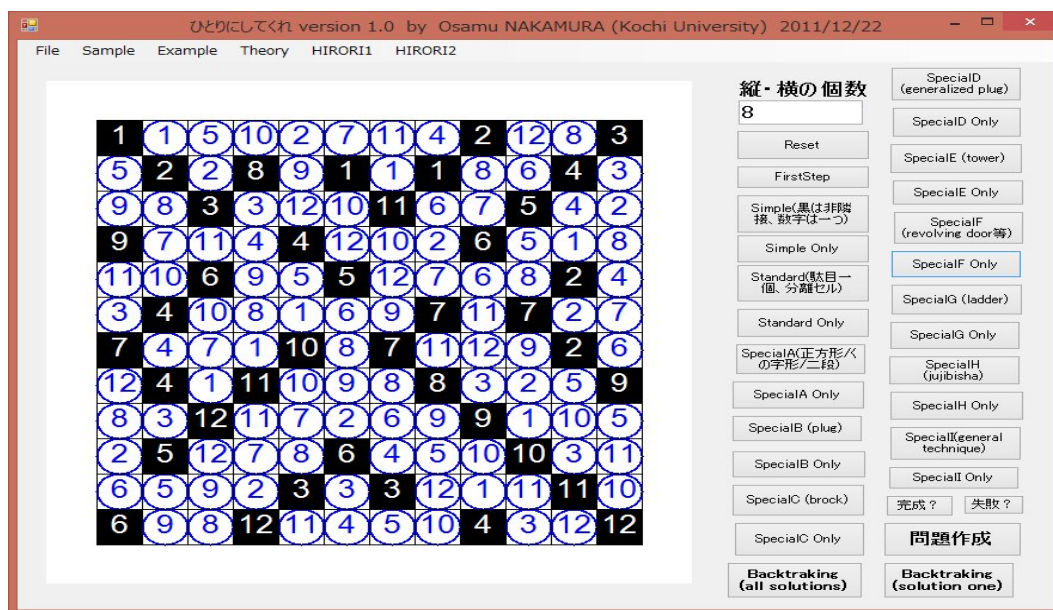
となります。次は同じく

4 4
5 5

に隣接する左から6列目の上から6番目の6が確定することが分かります。「SpecialG (ladder)」のボタンを押すと

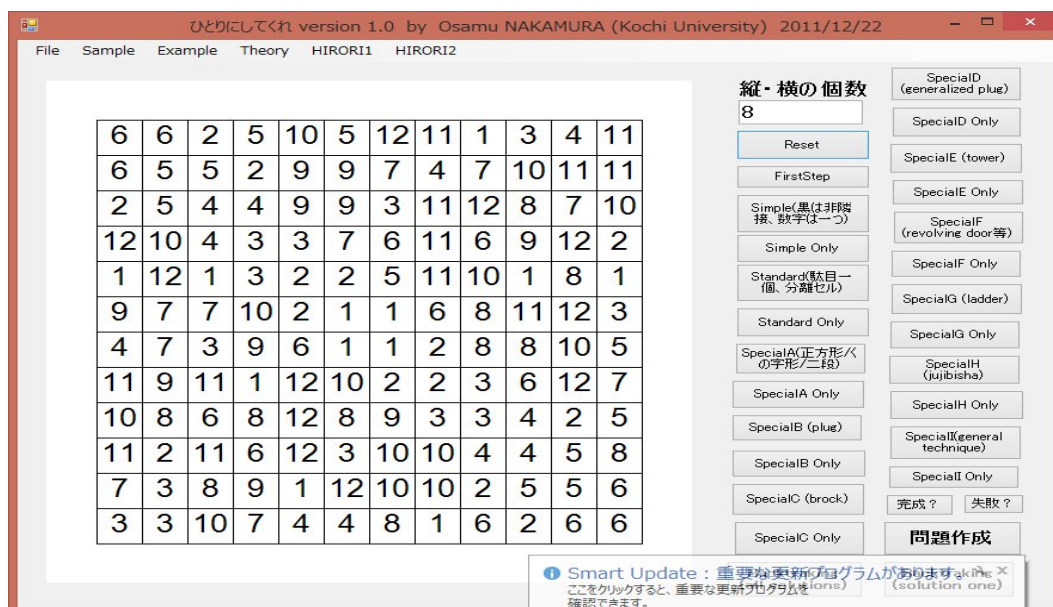


となります。後は「SpecialF Only」のボタンを押すと



となります。

階段のバリエーションとして「ペンシルパズル 85 ひとりにしてくれ 3 ニコリ刊」の 81 ページの 69 番 作 : O X があります。



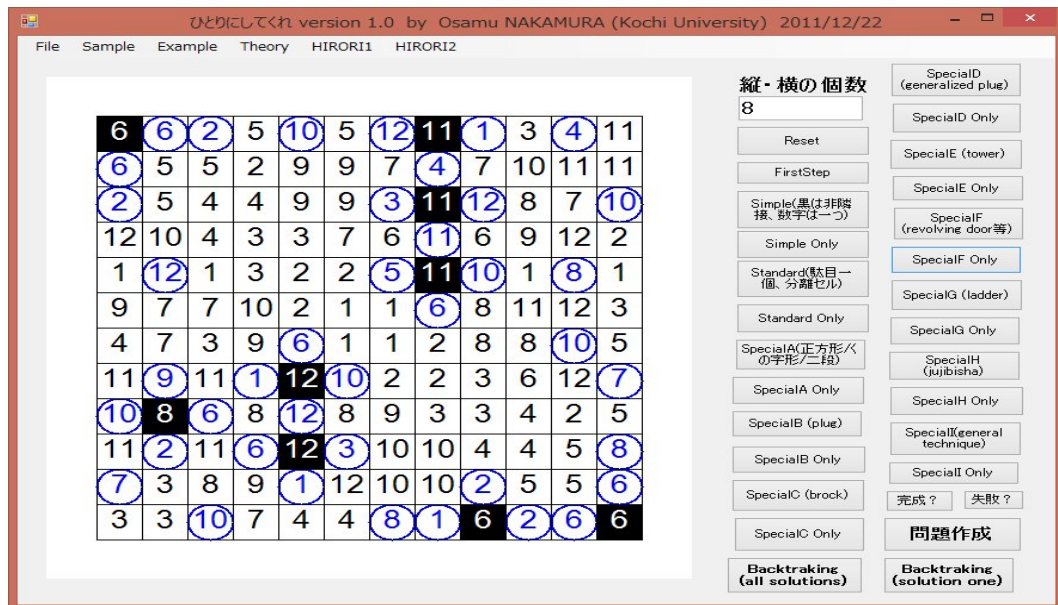
```

4  4
4  3  3
   3  2  2
     2  1  1
       1  1

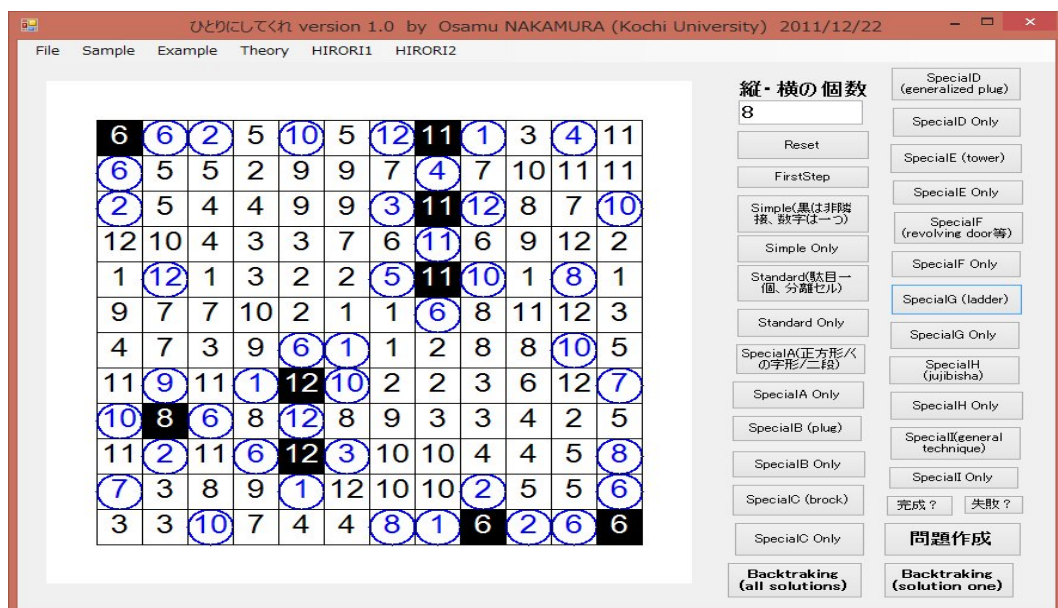
```

のような階段が組み合わさった複合階段が出てきます。更にこの問題では、二つの複合階段が連結しています。これらに対する法則も上と同様で、「この複合階段に隣接するセル（数字のことで

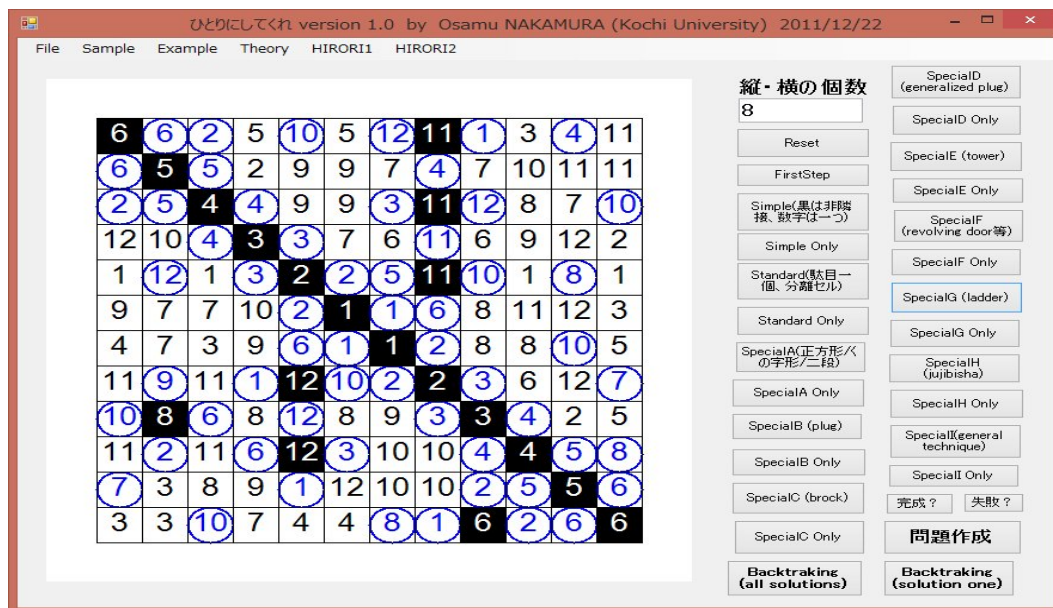
す)を黒枠にすると階段の一部の塗りわけが誘導され、分割が起こるためそのセル(数字のことで
す)が確定する場合がある。」です。「SpecialG Only」のボタンを押すと



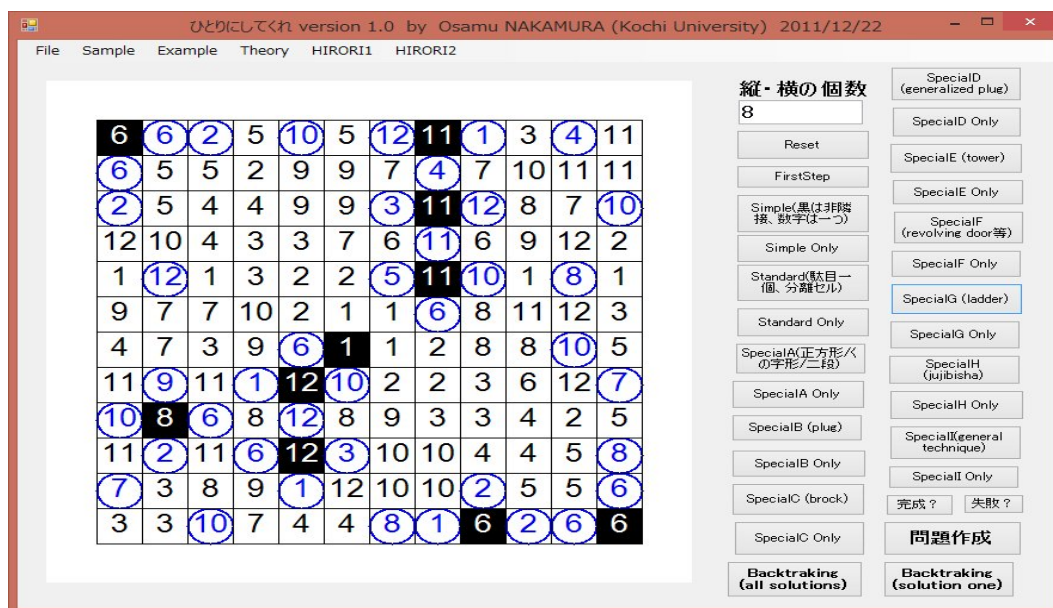
左から6列目の上から7番目の1を確定セルにすると



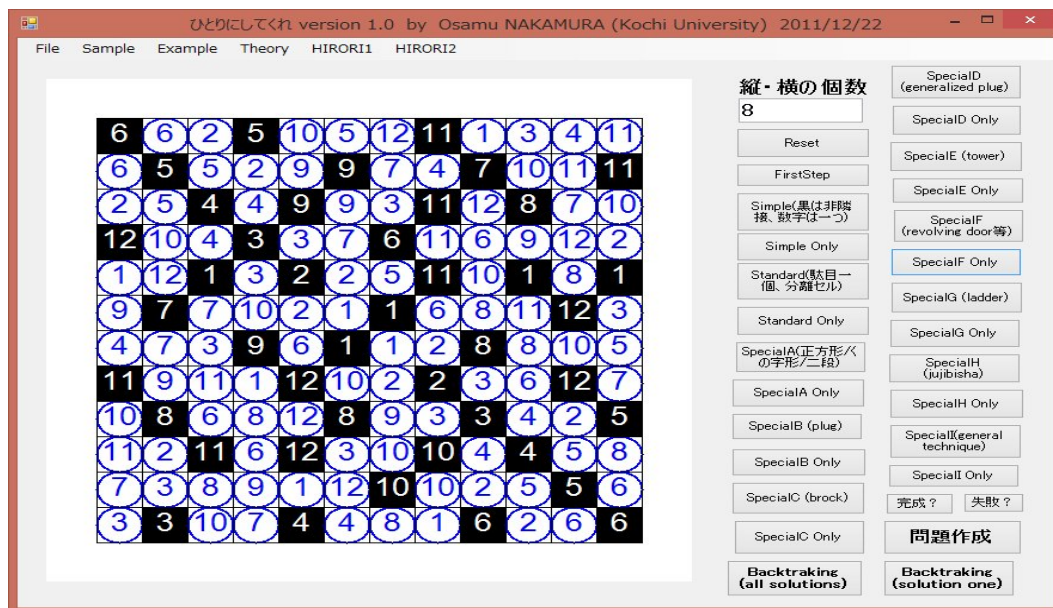
「縦・横に残る数字は一種類、黒枠は接続しない」のルールにより複合階段の塗りわけが1の塗りわけから順次決まって最終的に次のようになります。



領域の分割が起こります。したがって、左から6列目の上から7番目の1は黒枠です。



「SpecialF Only」のボタンを押すと



のように解けました。

これらの法則を「SpecialG Only」のボタンとしてプログラミングします。

P	L			L			L			L	
M	L		P	M	L		M	L		M	L
N	M		N	M		N	M		N	M	P
N			N			N	P		N		

のような階段で P を黒マスにするとそれぞれ

■	L			?		■			■		
M	■		■	M	?		■	L		■	L
N	■		N	■		■	M		?	M	■
■			■			N	■		?		

となり分割が起こるので P が確定する場合がある。

L	P			L			L			L		
L	M		L	M	P		L	M		L	M	
	M	N		M	N		M	N		P	M	N
		N			N		P	N			N	

のような階段で P を黒マスのするとそれぞれ

L	■			?		■			■			
■	M		?	M	■		L	■		L	■	
	■	N		■	N		M	■		■	M	?
							■	N			?	

となり分割が起こるので P が確定する場合がある。

			L	L	P				L	L				L	L		
		M	M					M	M	P			M	M	P	M	M
N	N					N	N				P	N	N			N	N

のような階段で P を黒マスのするとそれぞれ

			■	L	■				■	L				L	■	
		■	M					■	M	■			■	M	■	
■	N					■	N				■	N	■		N	■

となり分割が起こるので P が確定する場合がある。

L	L	Q				L	L				Q	L	L				L	L		
		M	M					M	M	Q			M	M			Q	M	M	
			N	N				N	N				N	N				N	N	
				P	P				P	P				P	P				P	P

のような階段で Q を黒マスのするとそれぞれ

■	L	■				■	L				■	L	■				L	■		
		■	M					■	M	■			M	■			■	M	■	
			?	?				■	N				N	■				N	■	
				?	?				?	?				P	■				P	■

となり分割が起こるので Q が確定する場合がある。

			L
		M	L
N		M	
N			

のような階段で右上の L を確定とすると

			L
		M	■
N		■	
■			

となり、分割が起こるので、この L が黒枠と決まる場合がある。

			L
		L	M
		M	N
			N

のような階段で左上の L を確定とすると

L
 ■ M
 ■ N
 ■

となり、分割が起こるので、この L が黒枠と決まる場合がある。

K K
 L L
 M M
 N N

のような階段で右上の K を確定とすると

■ K
 ■ L
 ■ M
 ■ N

となり、分割が起こるので、この K が黒枠と決まる場合がある。

K K
 L L
 M M
 N N

のような階段で左上の K を確定とすると

K ■
 L ■
 M ■
 N ■

となり、分割が起こるので、この K が黒枠と決まる場合がある。

L
 M L
 N M
 N

のような階段で左下の N を確定とすると

■
 ■ L
 ■ M
 N

となり、分割が起こるので、この N が黒枠と決まる場合がある。

```

L
L  M
   M  N
      N

```

のような階段で右下のNを確定とすると

```

■
L  ■
   M  ■
      N

```

となり、分割が起こるので、この N が黒枠と決まる場合がある。

```

      K  K
     L  L
    M  M
   N  N

```

のような階段で左下のNを確定とすると

```

      K  ■
     L  ■
    M  ■
   N  ■

```

となり、分割が起こるので、この N が黒枠と決まる場合がある。

```

   K  K
  L  L
   M  M
    N  N

```

のような階段で右下のNを確定とすると

```

■  K
  ■  L
   ■  M
    ■  N

```

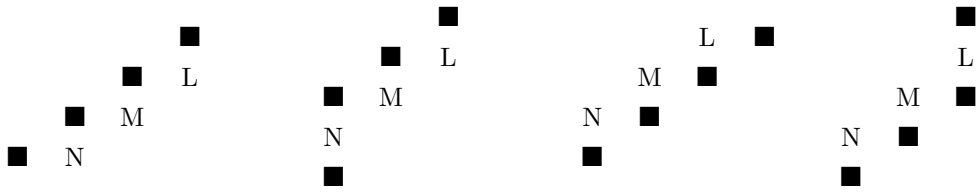
となり、分割が起こるので、この N が黒枠と決まる場合がある。

```

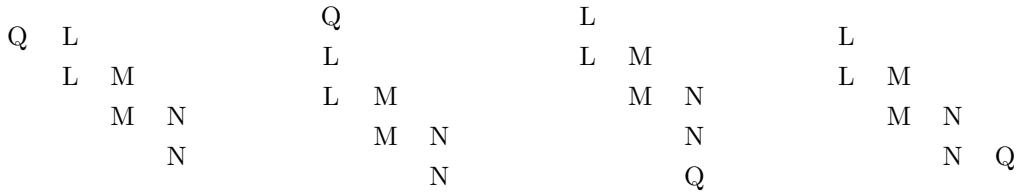
      L      L      L  Q      Q
     M  L    M  L    M  L    L
    N  M      N  M      N  M      M
   Q  N      N  Q      N      N  M

```

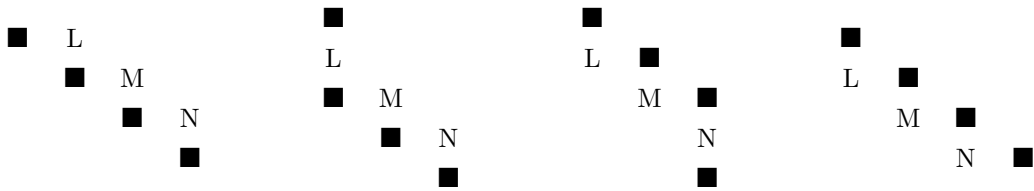
のような階段でQを黒マスとするとそれぞれ



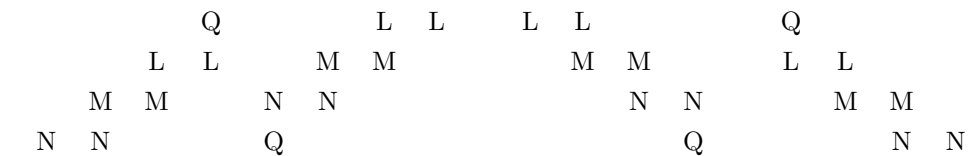
となり、分割が起こるので、この Q が黒枠と決まる場合がある。



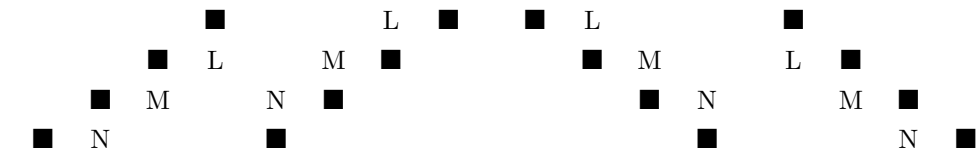
のような階段で Q を黒マスとするとそれぞれ



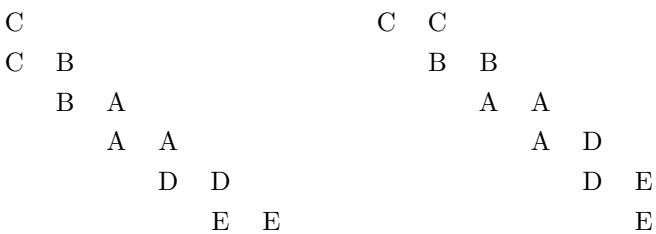
となり、分割が起こるので Q が確定する場合がある。



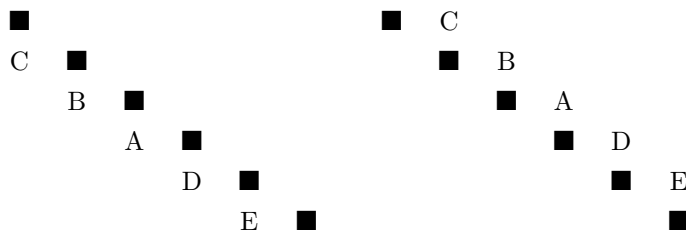
のような階段で Q を黒マスとするとそれぞれ



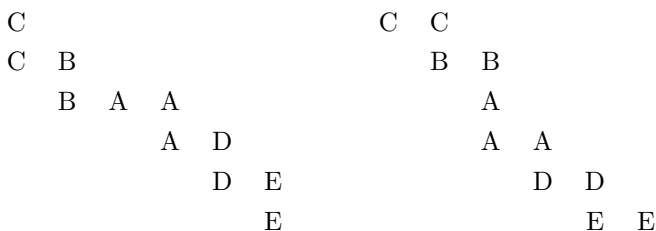
となり、分割が起こるので Q が確定する場合がある。



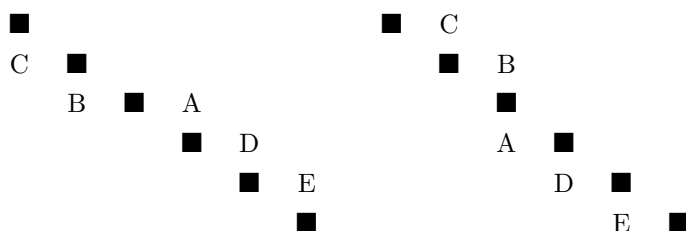
のような階段で中央の A を確定するとそれぞれ



となり、分割が起こるのでこの A が黒枠になる場合がある。



のような階段で中央の A を確定するとそれぞれ



となり、分割が起こるのでこの A が黒枠になる場合がある。

これまで説明した法則では解答できない階段状の図形を含む問題があります。

ひとりにしてくれ version 1.0 by Osamu NAKAMURA (Kochi University) 2011/12/22

File Sample Example Theory HIRORI1 HIRORI2

1	1	3	8	3	9	2	7	10	12	3	4
1	6	10	6	11	2	9	7	7	4	2	5
10	8	1	2	8	11	1	9	7	7	4	8
11	6	2	6	8	10	3	5	9	7	7	1
2	11	6	1	10	10	5	5	8	9	7	7
6	5	7	10	10	5	5	8	2	3	9	3
3	7	1	10	5	5	8	11	11	2	6	6
4	4	8	5	5	7	10	11	1	6	6	2
9	4	4	11	7	1	10	3	6	6	2	10
12	2	4	4	9	3	7	6	6	11	1	12
7	5	11	4	4	8	6	6	5	10	1	9
5	10	5	9	4	3	6	2	12	5	8	3

numbers of solutions = 1

縦・横の個数
8

Reset

FirstStep

Simple(黒は非隣接、数字は一つ)

Simple Only

Standard(数字一つ、分離セル)

Standard Only

SpecialA(正方形の字形/二段)

SpecialA Only

SpecialB (plug)

SpecialB Only

SpecialC (brock)

SpecialC Only

Backtracking (all solutions)

SpecialD (generalized plug)

SpecialD Only

SpecialE (tower)

SpecialE Only

SpecialF (revolving door等)

SpecialF Only

SpecialG (ladder)

SpecialG Only

SpecialH (jyūbisha)

SpecialH Only

SpecialI (general technique)

SpecialI Only

SpecialII Only

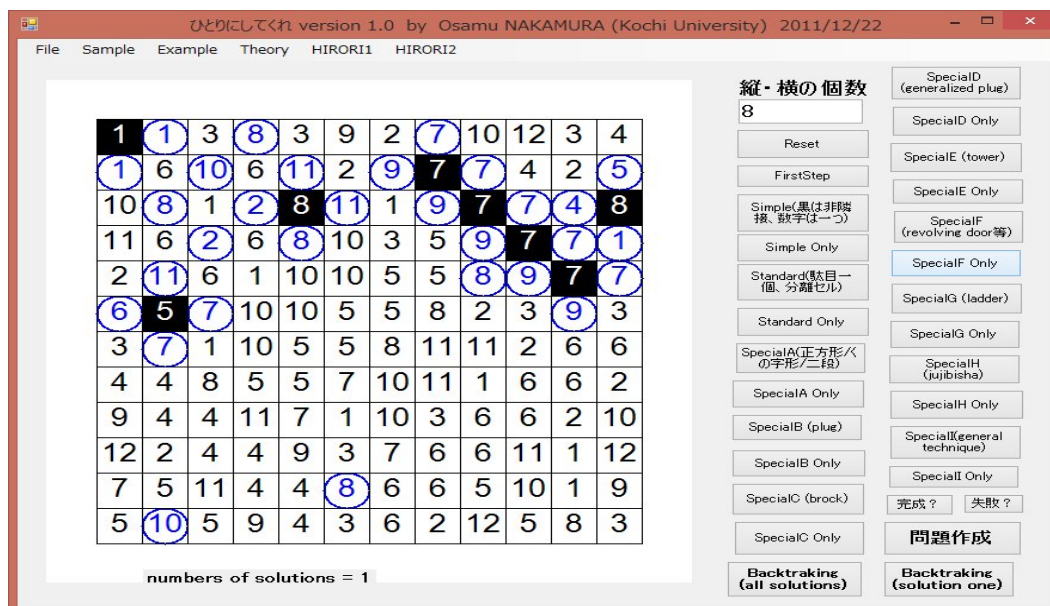
完成? 失敗?

問題作成

Backtracking (solution one)

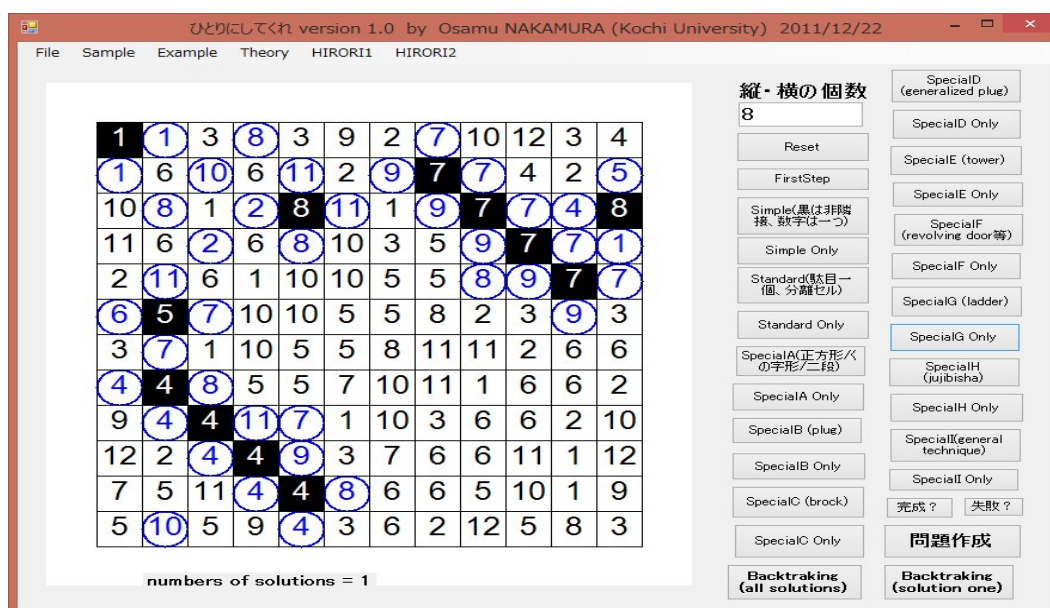
です。この問題は「ペンシルパズル 85 ひとりにしてくれ 3 ニコリ刊」の 87 ページにある 75 番 作：もてれう の問題です。

「SpecialF Only」のボタンを押すと



です。右上に7だけで出来た階段がありますが、これは「SpecialA Only」のボタンで解決できます。

今説明した法則を使うと



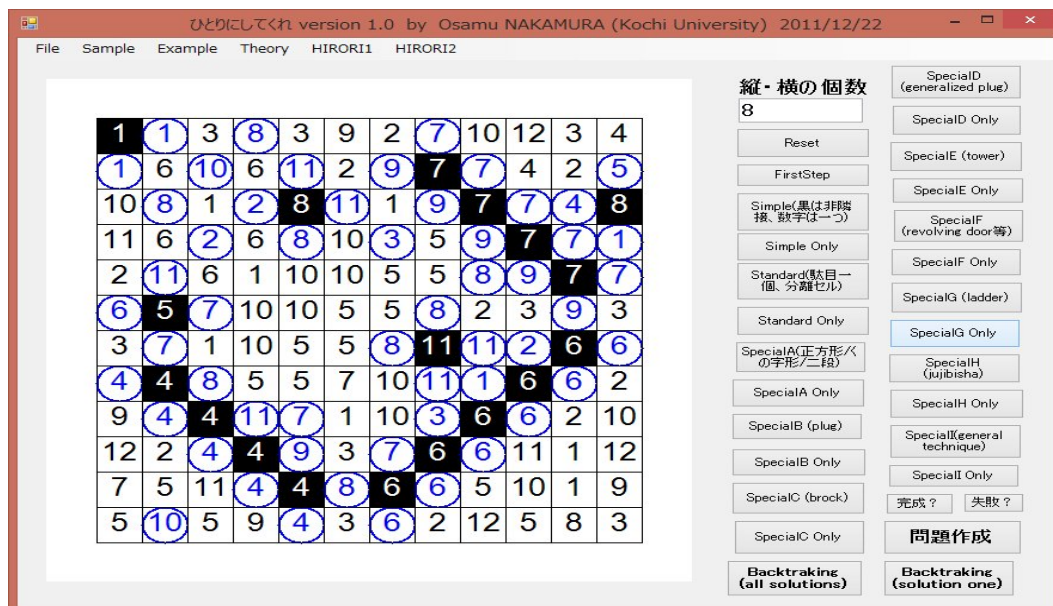
です。左下に4だけで出来た階段、右下に6だけで出来た階段、中央に5だけで出来た階段があります。左下の4だけで出来た階段だけ解決しています。同じように考えられそうな右下の6だけで出来た階段が解決していません。「違いは何か」原因究明をしなければいけません。

L Q
 M L
 N M
 N

のような階段でQを黒マスとするとそれぞれ

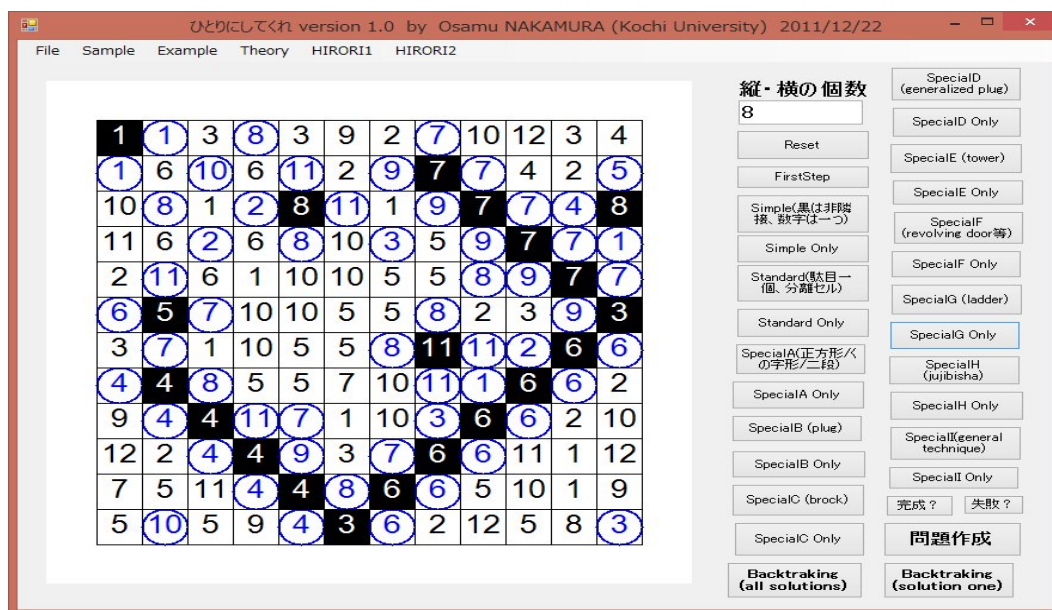
L ■
 M ■
 N ■
 ■

となり、分割が起こるので、この Q が黒枠と決まる場合があるの法則が適用できるはずですが。プログラムを読み直します。プログラムのバグを見つけました。修正すると

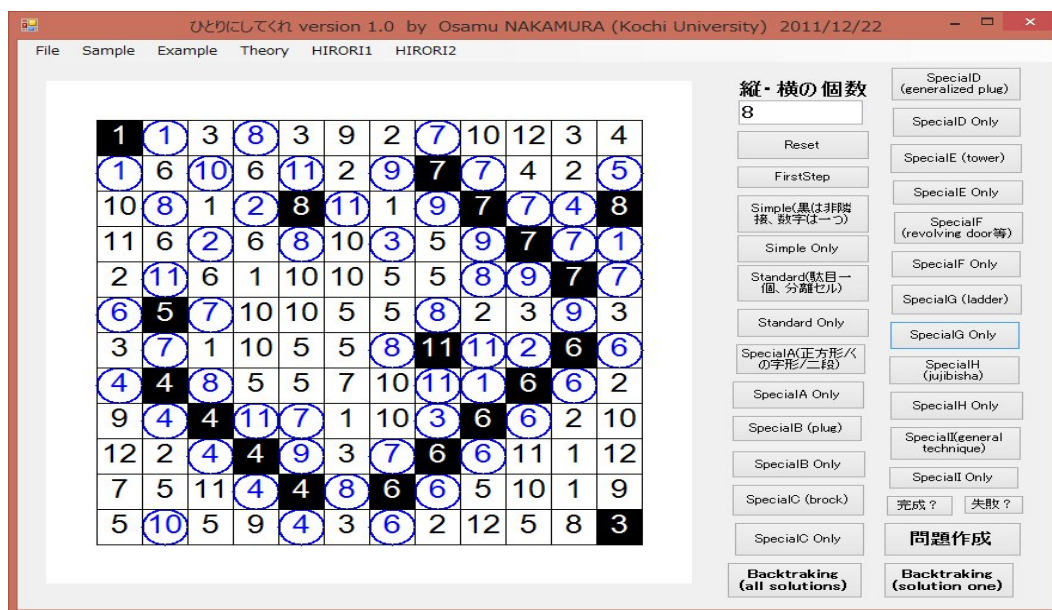


となります。プログラムのバグを自分で見つけるのは結構大変です。上の階段の法則の分類も多少混乱しています。正しいプログラミングをめざす為には本当は時間をかけて理解しやすい綺麗な分類を目指すべきです。ただ人間が手作業でこのパズルを解いていくときは、このような表を使うわけではなく、もっと直観的な「階段に隣接するセル（数字のことです）を黒枠にすると階段の一部の塗りわけが誘導され、分割が起こるためそのセル（数字のことです）が確定する場合がある」という形で法則を使います。これが人間の思考とコンピュータの思考の違いです。

更に解法を進めるためには、右下隅の3に注目します。この3を確定すると縦横に調べると二つの3が黒枠になって



のように分割が起きるので、右下隅の3は黒枠です。このような3の発見には、黒枠に変化した二つの3のようなそれを黒枠にすると通行が妨げられる戸（door）に注目すればいいです。



とすれば、すでに見つけている法則で



まで進みます。ここでまたプログラムのバグに気が付きます。

Q
 L L
 M M
 N N

のような階段でQを黒マスとするとそれぞれ

■
 ■ L
 ■ M
 ■ N

となり、分割が起こるので Q が確定する場合があるの法則が5 だけで出来た階段に使えるはず
です。プログラムを修正すると「SpecialG Only」のボタンだけで

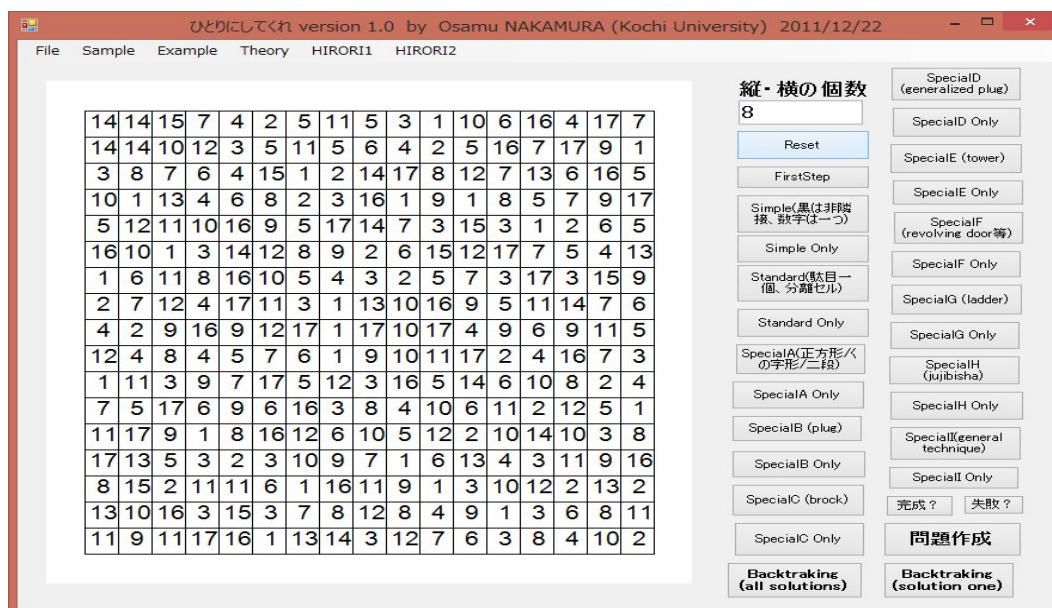


と解けます。

上で見つけた「ある数字Nを確定セルにすると、同じ列、同じ行のNは黒枠になり、複数の栓を考慮に入れると領域の分割が起き、元のNは黒枠であることが分かる場合がある」という法則を使わなくても解けました。この様なバグが発生する最大の原因はプログラムを「コピー・ペースト」で作成することにあります。この様な場合に、集中力が欠け、変更すべき修正を怠ることにより起こります。この様な場合、「コピー・ペースト」で作成した部分で同じ種類のミスをしていないか一緒に調べます。

これらが「SpecialG Only」のボタンでチェックする法則達です。

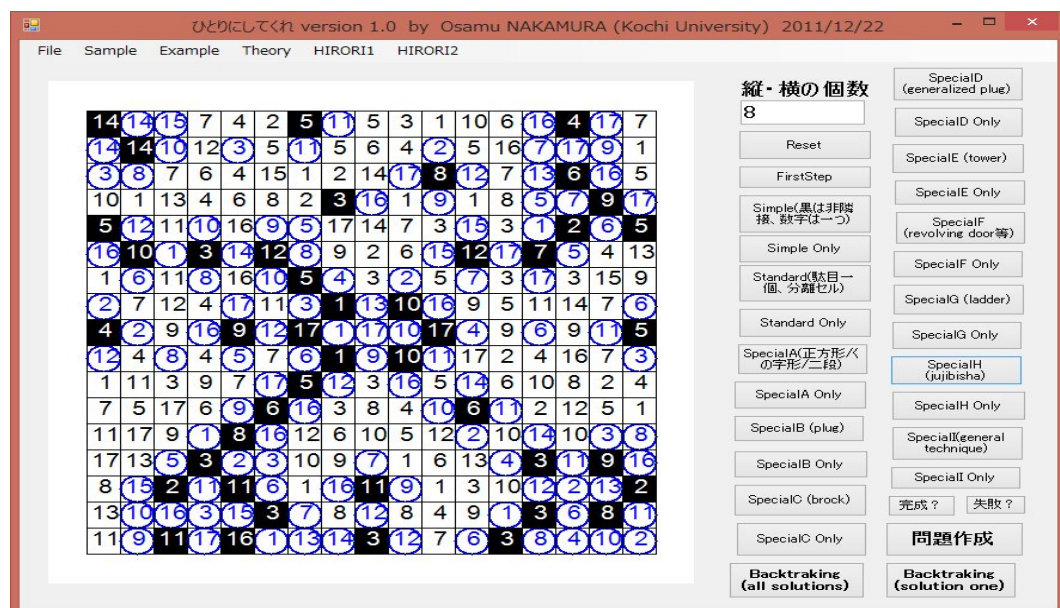
「SpecialG Only」のボタンでも解けない問題には次のようなものがあります。上で述べた「ある数字Nを確定セルにすると、同じ列、同じ行のNは黒枠になり、複数の栓を考慮に入れると領域の分割が起き、元のNは黒枠であることが分かる場合がある」という法則を使う問題です。



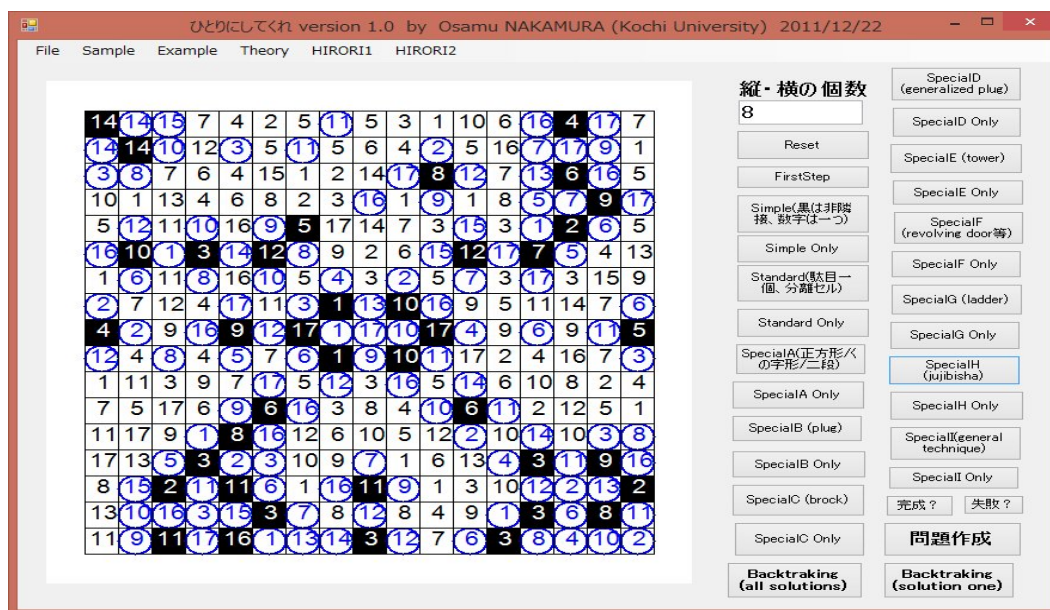
この問題は「ペンシルパズル 55 ひとりにしてくれ 1 ニコリ刊」の 112 ページにある 99 番作：あぶら虫 の問題です。「SpecialG Only」のボタンを押すと



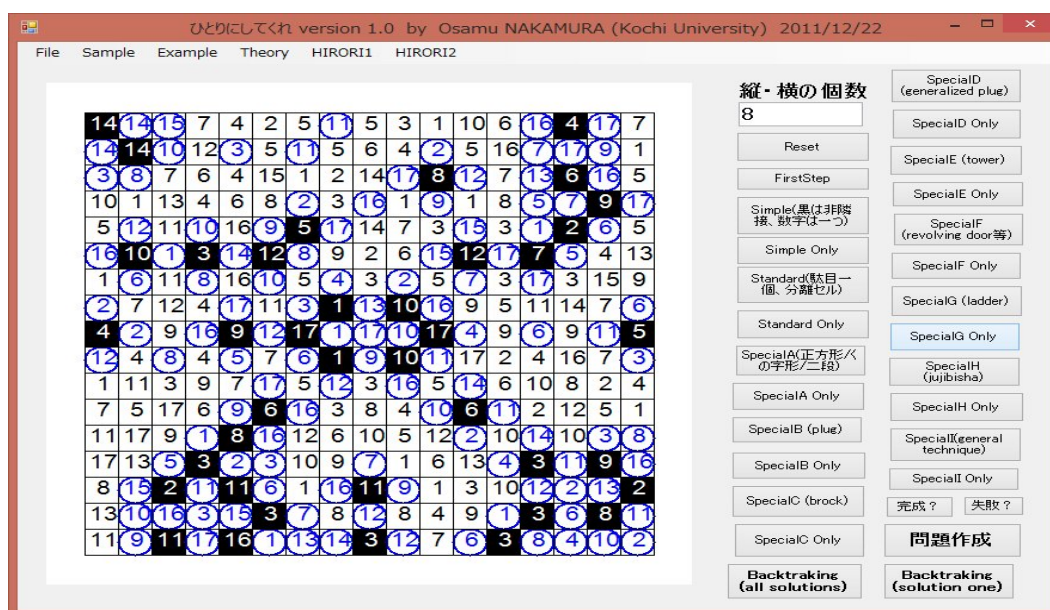
です。解法のポイントは左から 7 列目の上から 5 番目の 5 です。この 5 が確定する（最後まで残るとすると同じ列、同じ行の 5 は黒枠になります）。



です。黒枠に変化した 5 のうち、左端の上から 5 番目の 5、左から 7 列目の上から 7 番目の 5、左から 7 列目の上から 11 番目の 5 はそれぞれ通路の戸になっていてそれが閉じられました。左から 3 列目の上から 5 番目と 7 番目の 1 1 と左から 5 列目の上から 5 番目と 7 番目の 16 は栓になっているので、領域の分割が起こっています。従って、左から 7 列目の上から 5 番目の 5 は黒枠でなければならないことが分かります。



です。ここで使った法則は「ある数字Nを確定セルにすると、同じ列、同じ行のNは黒枠になり、複数の栓を考慮に入れると領域の分割が起き、元のNは黒枠であることが分かる場合がある」です。手計算の場合は戸 (door) や栓 (plug) に注目しなさいと言うことです。プログラミングの技法で言うと単純なバックトラッキングを試しています。この法則をプログラムに追加します。この法則を一回適用した後、「SpecialG Only」のボタンを押すと



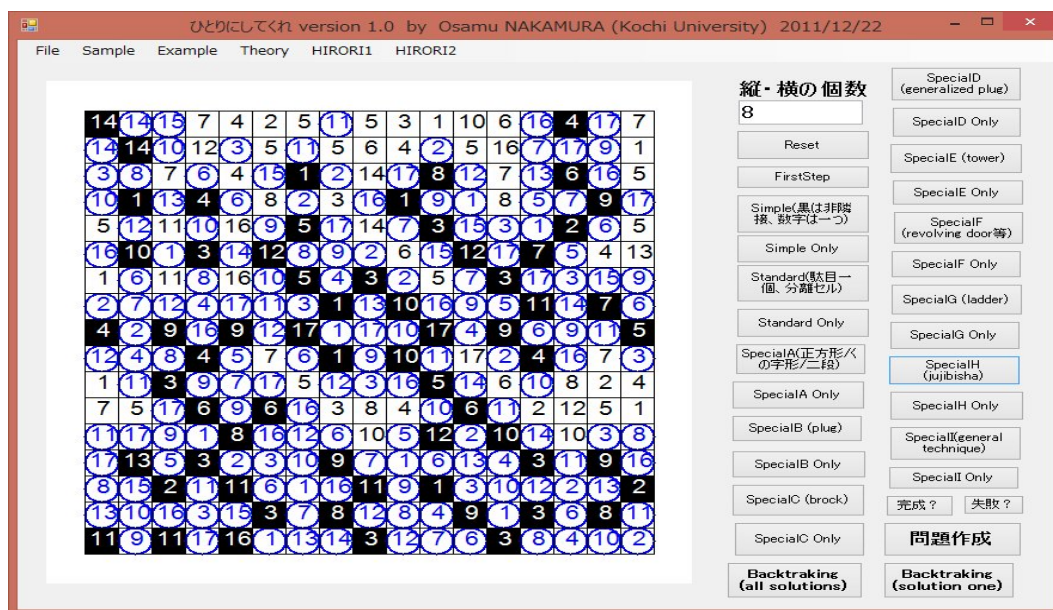
です。右から5列目の下から5番目の10に同じ法則「ある数字Nを確定セルにすると、同じ列、同じ行のNは黒枠になり、複数の栓を考慮に入れると領域の分割が起き、元のNは黒枠であることが分かる場合がある」が使えます。同じく左から7列目の上から7番目の5と右から7列目の下から7番目の5に対しても同じ法則「ある数字Nを確定セルにすると、同じ列、同じ行のNは黒枠になり、複数の栓を考慮に入れると領域の分割が起き、元のNは黒枠であることが分かる場合がある」が使えます。



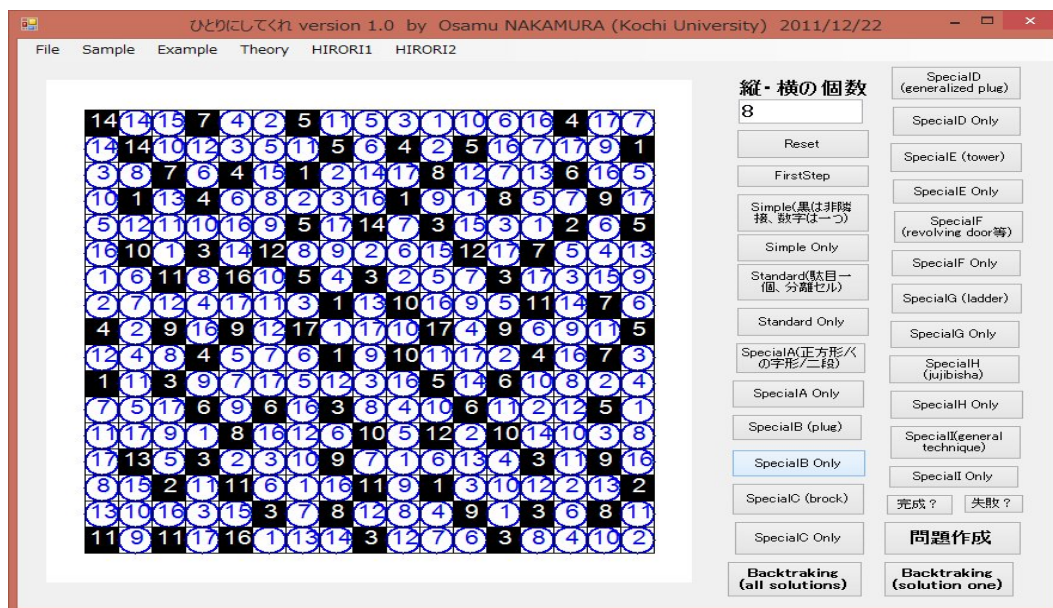
の後で、「SpecialG Only」のボタンを押すと



となります。右から7列目の下から7番目の5に対しても同じ法則「ある数字Nを確定セルにすると、同じ列、同じ行のNは黒枠になり、複数の栓を考慮に入れると領域の分割が起き、元のNは黒枠であることが分かる場合がある」が使えます。



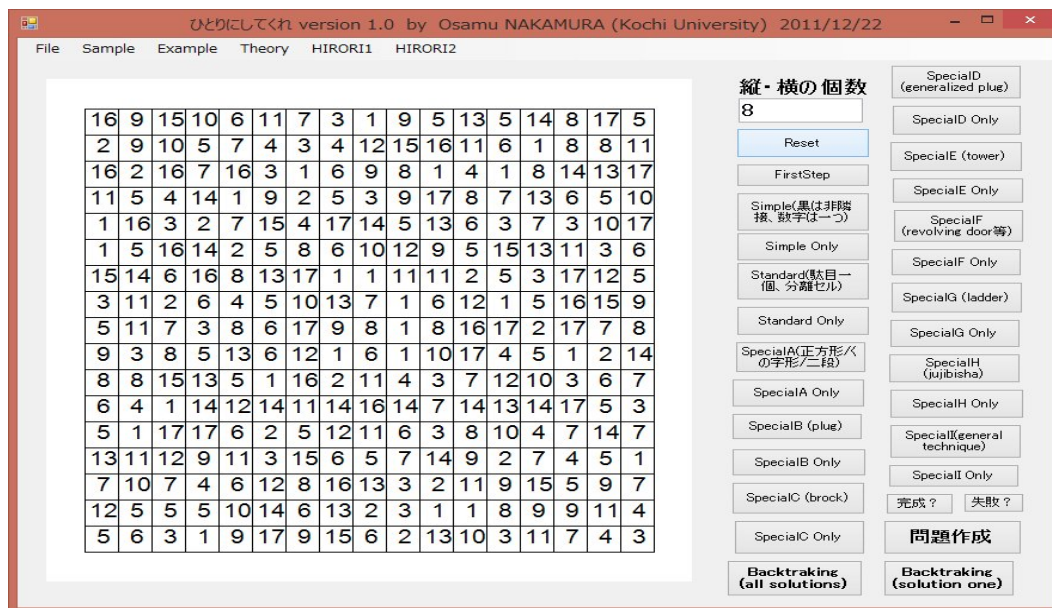
後は「SpecialG Only」のボタンを押すと



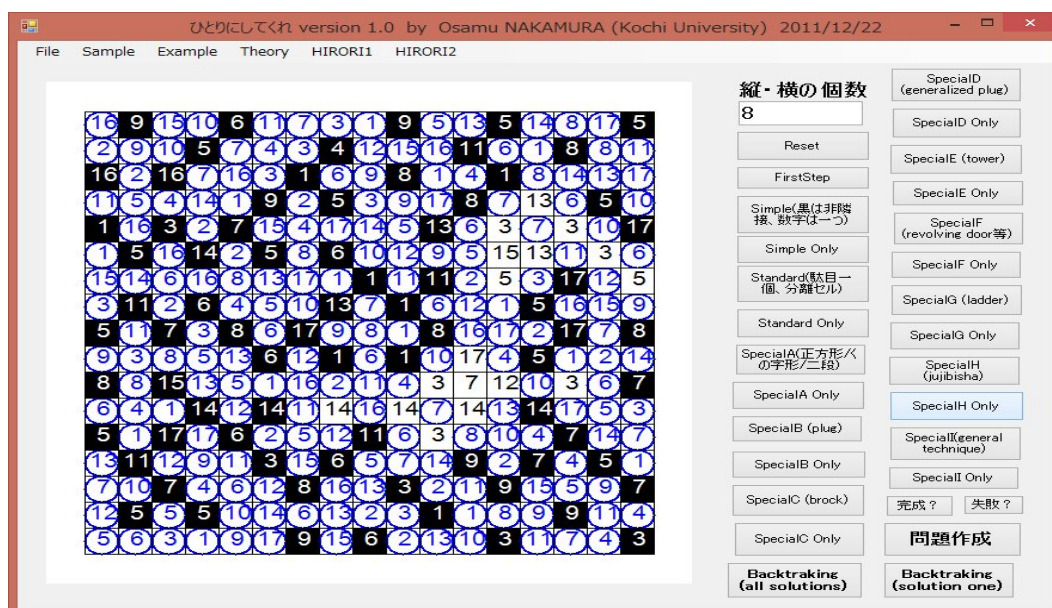
となります。

「ある数字Nを確定セルにすると、同じ列、同じ行のNは黒枠になり、複数の栓を考慮に入れると領域の分割が起き、元のNは黒枠であることが分かる場合がある」を「SpecialH Only」のボタンのプログラムとしてプログラミングします。

法則の発見を続けましょう。「SpecialH Only」のボタンで解けない問題に



があります。この問題は「ペンシルパズル 55 ひとりにしてくれ 1 ニコリ刊」の 107 ページにある 94 番 作：吉田圭介 の問題です。「SpecialH Only」のボタンを押すと



となります。解答のヒントは

3
14 14
3

や

13
3 3
13

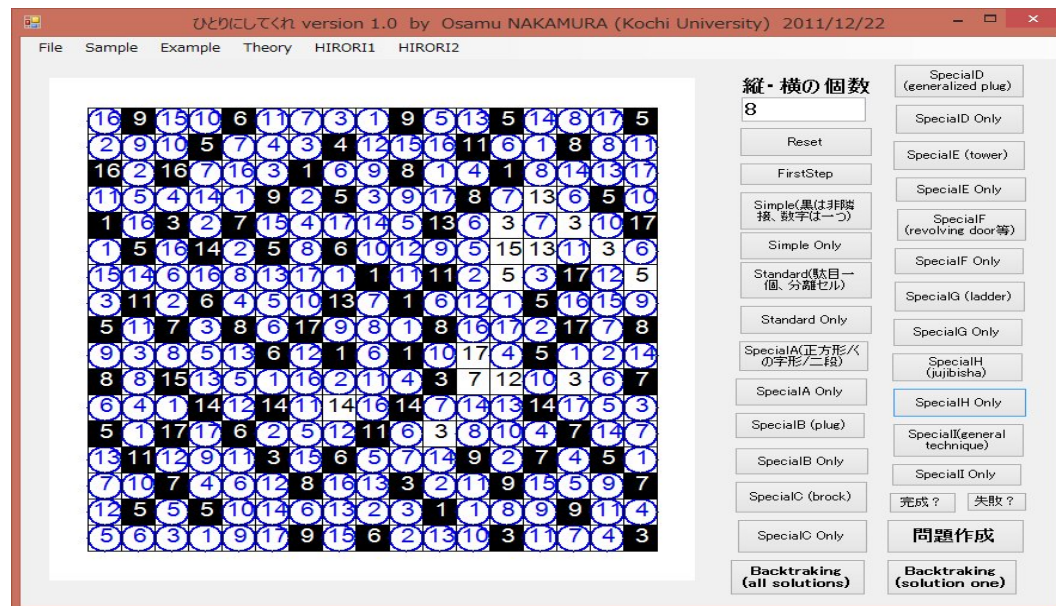
の配置です。上の配置の場合右の 14 を確定すると

3
■ 14
3

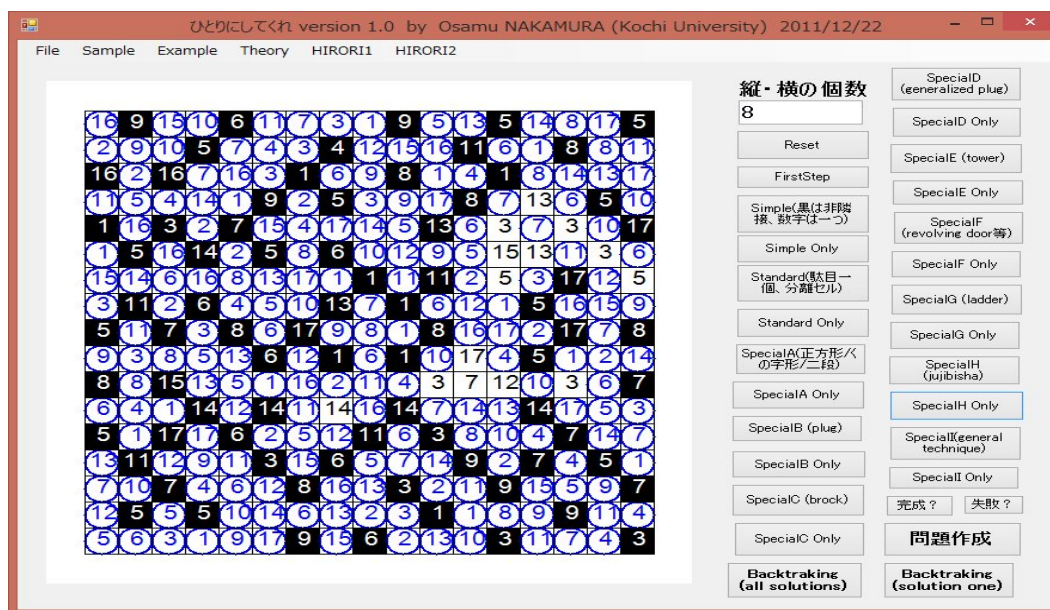
となり、二つの 3 のどちらを確定しても

■ 3
■ 14 ■ 14
3 ■

のどちらの場合も確定地の分割が起こります。それぞれ



と



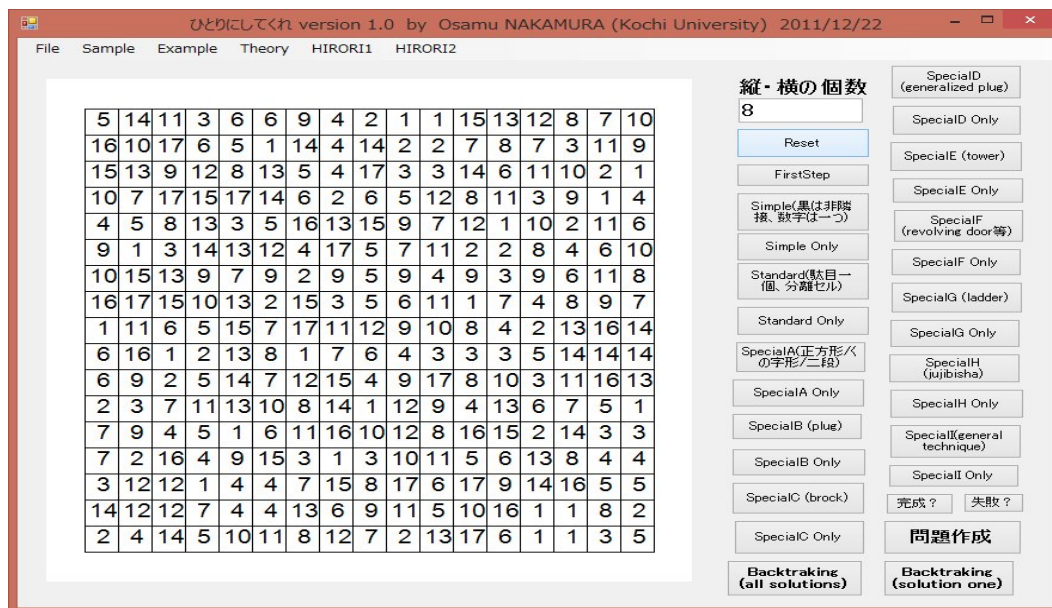
です。つまり、十字型の二つの数字の配置

3
14 14
3

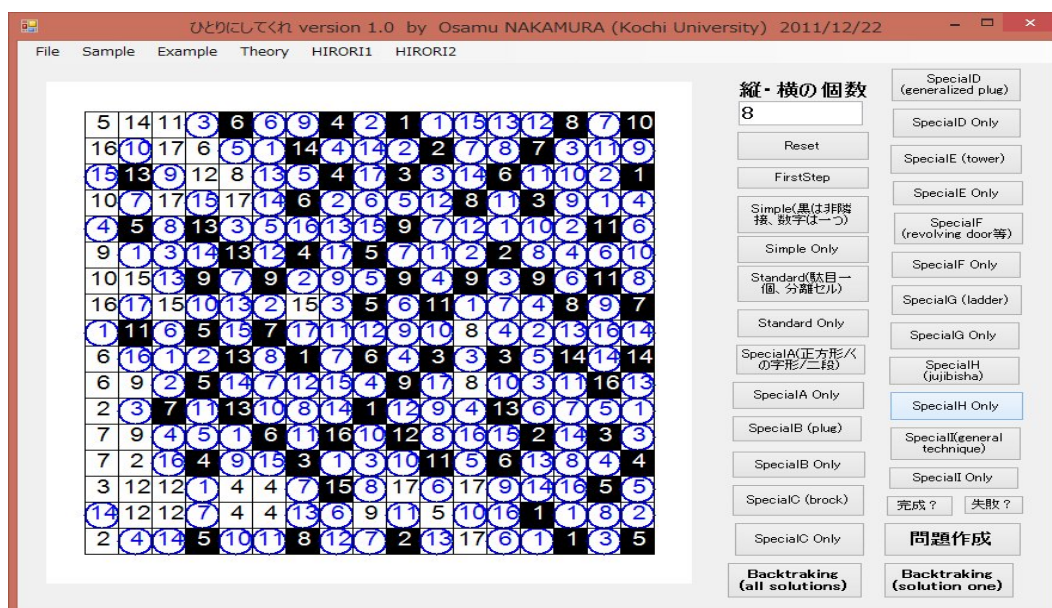
が一方の数字を共通とする二重の二段階の鍵になっています。「十字型的一方の数字を共通とする二重の二段階の鍵の場合、共通鍵でない方の数字を確定すると分割が起こる場合がある」が法則です。

これはすでに説明した「あるセルを確定セルにすると、同じ列、同じ行のNは黒枠になり、複数の栓 (plug) を考慮に入れると領域の分割が起き、元のNは黒枠であることが分かる場合がある」の特別な場合ではないかの疑問が起きる。なんで「SpecialH Only」のボタンで解けなかったかプログラムを調べると簡単のため、まず盤面のすべての栓 (plug) を探索した後、「あるセルを確定セルにすると、同じ列、同じ行のNは黒枠になり、複数の栓 (plug) を考慮に入れると領域の分割が起き、元のNは黒枠であることが分かる場合がある」を調べていた。今の場合、「あるセルを確定セルにすると、同じ列、同じ行のNは黒枠になり、」の結果新たな栓 (plug) が出来るので、新たな栓 (plug) も考慮に入れた探索が必要であったわけである。プログラムを一般化しすぎていなかったため、怪我の功名で、人間にとって発見し易い法則を発見できました。「あるセルを確定セルにすると、同じ列、同じ行のNは黒枠になり、複数の栓 (plug) を考慮に入れると領域の分割が起き、元のNは黒枠であることが分かる場合がある」を「あるセルを確定セルにすると、同じ列、同じ行のNは黒枠になり、」の後で盤面のすべての栓 (plug) を探索するよう修正した法則を「SpecialH Only」のボタンに組み込みます。

更に「SpecialH Only」のボタンで解決できない問題を探します。



です。この問題は「ペンシルパズル 55 ひとりにしてくれ 1 ニコリ刊」の 109 ページにある 96 番 作：あぶら虫 の問題です。「SpecialH Only」のボタンを押すと



です。次のステップは左から 9 列目の下から 2 番目の 9 に注目します。これを黒枠にすると



ですが、こうすると分割を起こさないようにするためには、左にある

4 4
4 4

を

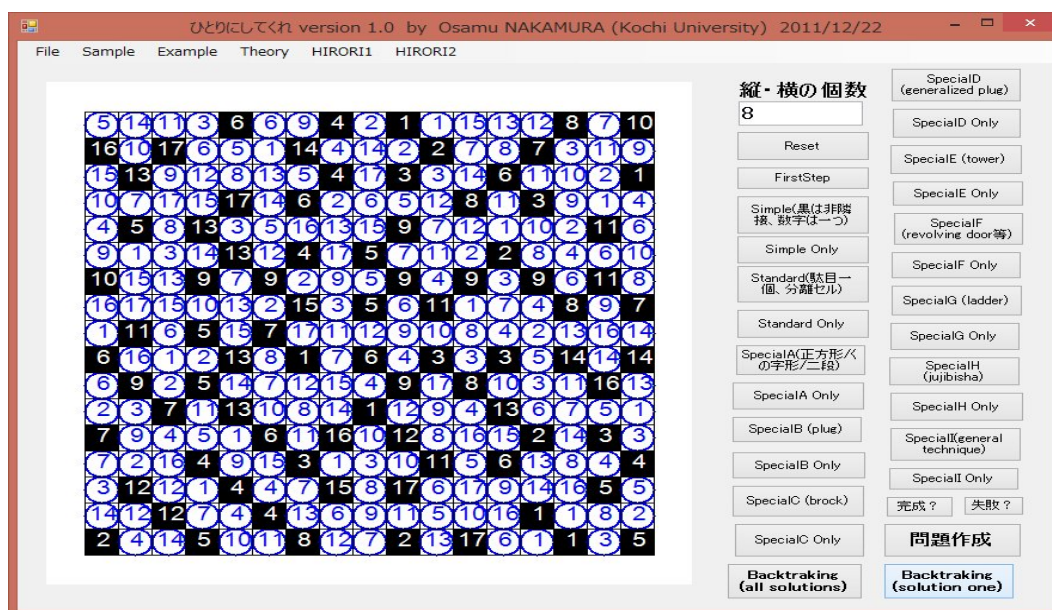
■ 4
4 ■

と塗り分けなければいけないことと9の斜め上にある17を確定し、

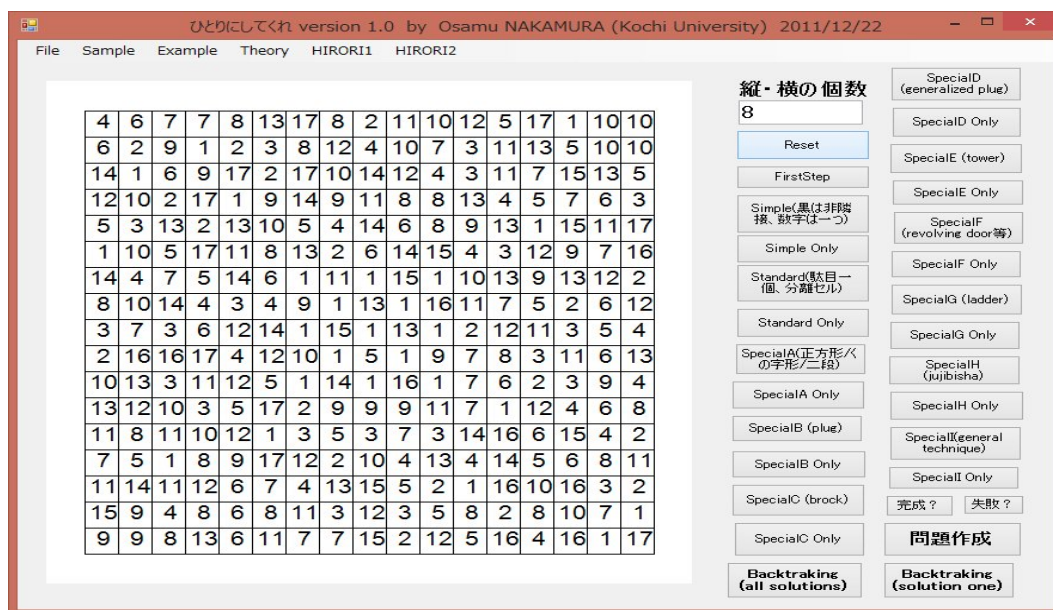
その結果その右側の17を黒枠にしなければなりません。するとその上の方にある8で出来た栓 (plug) により分割が起こるので、9が確定します。プログラミング的には単に二段階のバックトラッキングを試みさいと言うことですが、この例の場合、人間が発見しやすいパターン・法則は「あるセルを黒枠にすると駄目が一の領域が出来、その駄目Nを確定するとそれと同じ列・同じ行のNが黒枠になり分割が起こる場合がある」です。



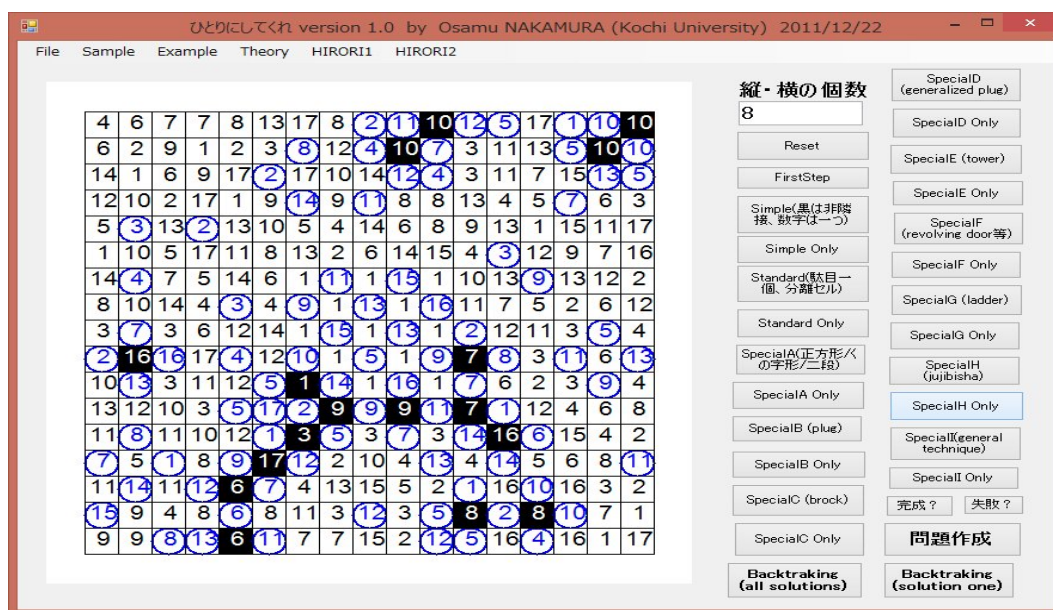
となりました。あまり変わり映えしません。法則らしい法則は私には発見できません。「Backtraking」のボタンを押すと



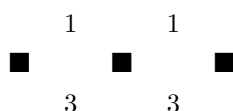
です。次の問題は



です。この問題は「ペンシルパズル 85 ひとりにしてくれ 3 ニコリ刊」の 111 ページにある 98 番 作：おらけ の問題です。「SpecialH Only」のボタンを押すと



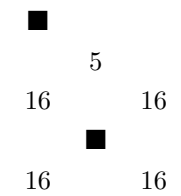
です。考えるべき範囲が狭いので考え易いです。



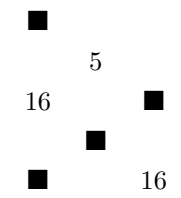
の配置に注目します。二通りの通路があるように見えますが、どちらの 3 を黒枠にしても駄目 1 のセルが出来るので 3 の上のセル 1 が確定し、他の 1 が黒枠になるので、



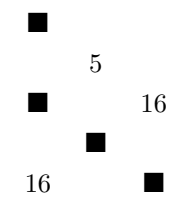
のいずれかになりどちらの通路も通れません。これは一般化された栓 (plug) です。左側にも 8 からなる栓 (plug) があるので出口は右側です。



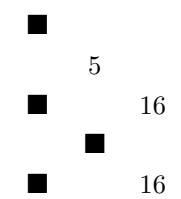
の配置に注目します。左から右に行くのに色々な方法があるように見えますが、左上の 1 6 を確定すると



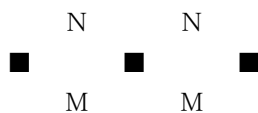
となり、左下の 1 6 を確定すると



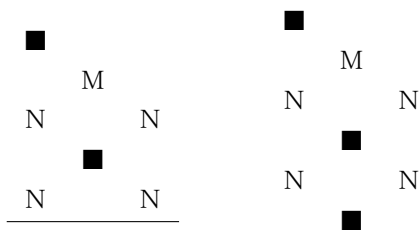
となり、両方を黒棒にすると



となり、いずれの場合でもこの棒を通して左から右に通行するためには 5 を通らずを得ないことが分かります。従って、5 が確定します。法則に纏めます。

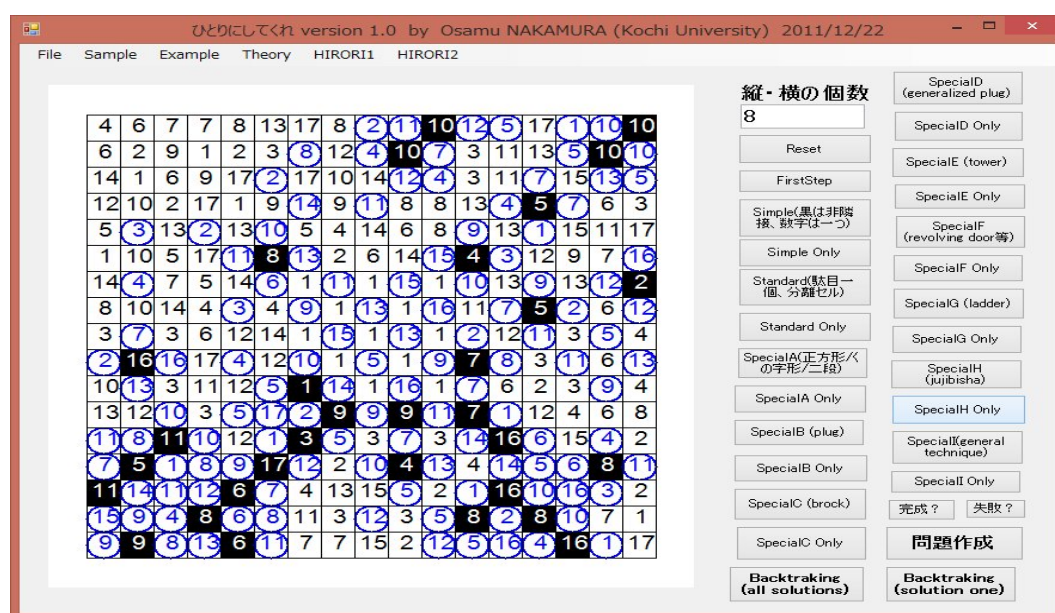


は一般化した栓 (generalized plug) です。

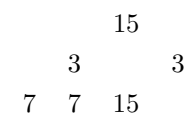


の配置がある場合、右から左のこの配置を通るためには必ずMを通らなければならない。これはすでに説明した「あるセルNを黒枠にすると、複数の栓 (plug) を考慮に入れると領域の分割が起き、元のNは確定することが分かる場合がある」の栓 (plug) を上に述べた一般化された栓 (generalized plug) も含めた場合です。このMを人間が見つける手がかりが上の配置です。

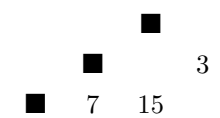
ここをクリアすると次は



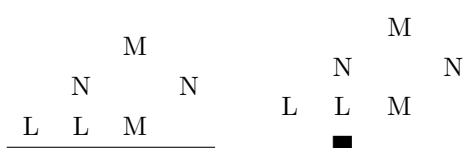
です。次のキーは



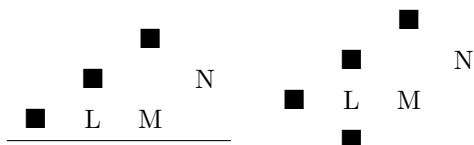
です。左の3を黒枠にすると



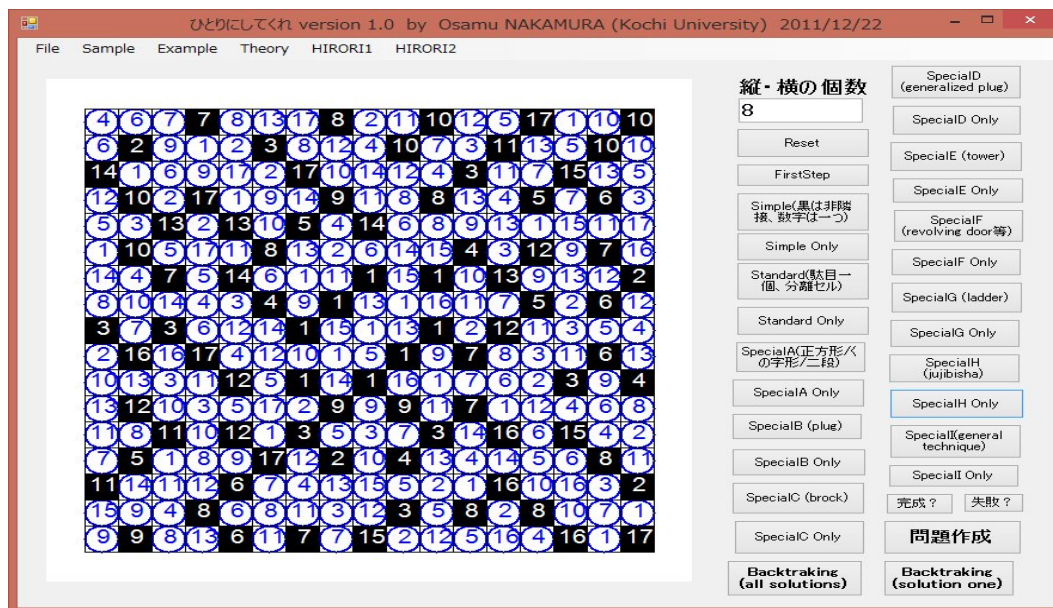
となり、分割が起きるので、左の3は確定します。法則に纏めると



の配置があれば、左のNを黒マスにすると

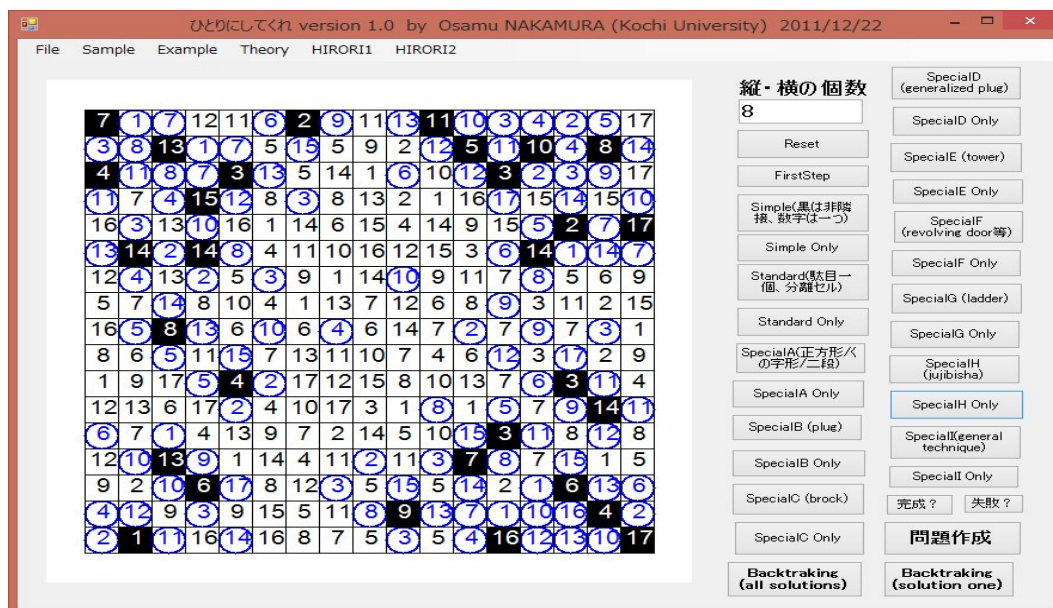


となり、分割が起こることがある。これを今の盤面に適用すると後は「SpecialH Only」のボタンで

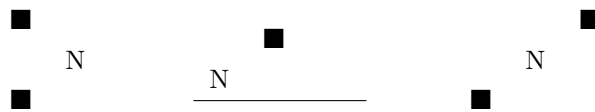


です。

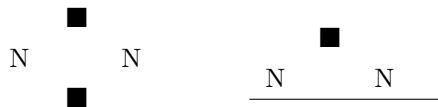
新しい法則を発見する為の盤面は



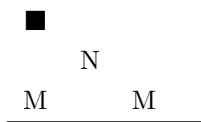
です。この問題は「ペンシルパズル 85 ひとりにしてくれ 3 ニコリ刊」の 112 ページにある 99 番 作：おらけ の問題です。



のようなNをドア（door）と呼ぶことにする。ドア（door）が二つ隣接した



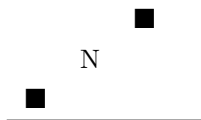
を栓（plug）と呼んだ。これらの概念は次のように拡張できる。



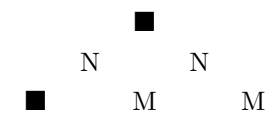
のようなNをドア（door）と呼ぶことも可能です。理由はNを黒枠にすると



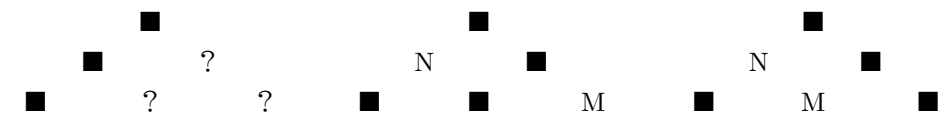
のどちらかが可能なので、どちらにしても左右の通行が妨げられるからです。このドア（door）と



の形のドア（door）を組み合わせた

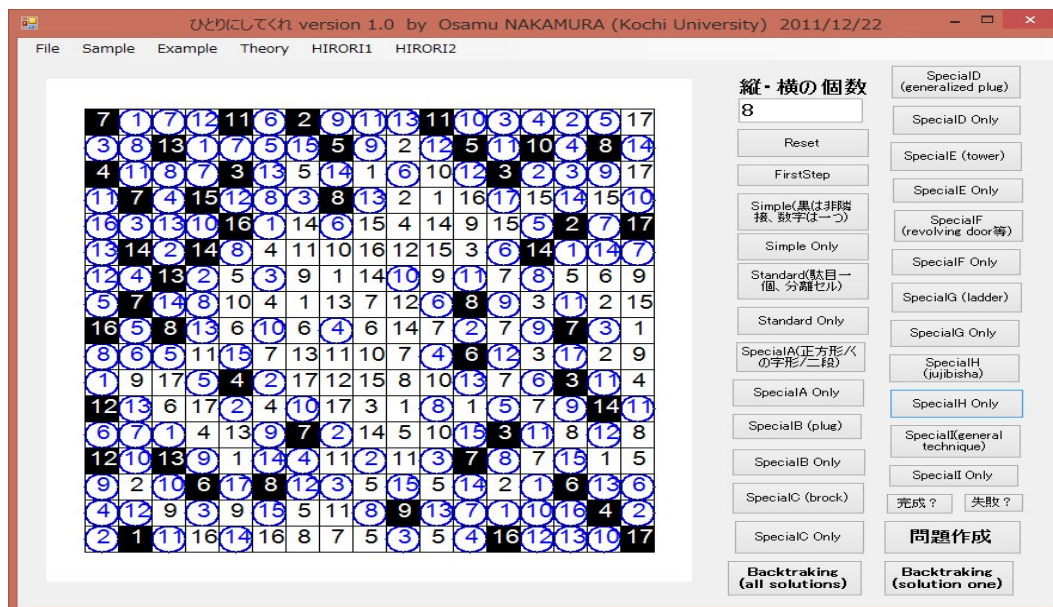


が栓（plug）になっています。どうゆうことかと言うと可能な塗りわけは

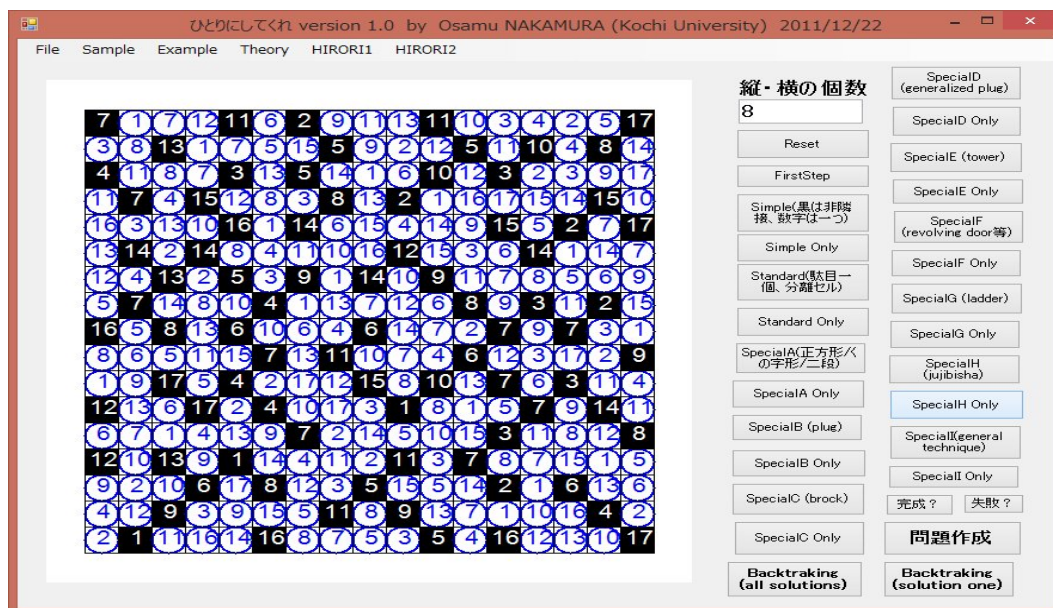


となるからです。今の場合、盤面の左下隅に注目すると9と16で構成された栓（plug）と7と12で構成されたドア（door）に注目すると7を黒枠にしてドアを閉ざすと左下隅が分離します。従って、7は確定します。「ドア（door）を閉じると拡張された栓（plug）を考慮に入れると分割が起こる場合がある」が人間に分かりやすい法則です。プログラミング的には、これはすでに説明した「あるセルNを黒枠にすると、複数の栓（plug）を考慮に入れると領域の分割が起き、元のNは確定することが分かる場合がある」の栓（plug）に上に述べた一般化された栓（generalized plug）も含めた場合です。チェックすべき栓（plug）を増やせばいいです。これを今の盤面に適用すると

後は「SpecialH Only」のボタンで

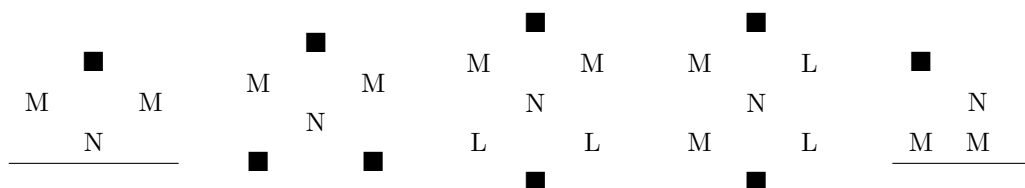


です。次も同じで左から2段目下から3番目の2のドア（door）を閉じると分割が起きるので、この2は確定します。これを今の盤面に適用すると後は「SpecialH Only」のボタンで

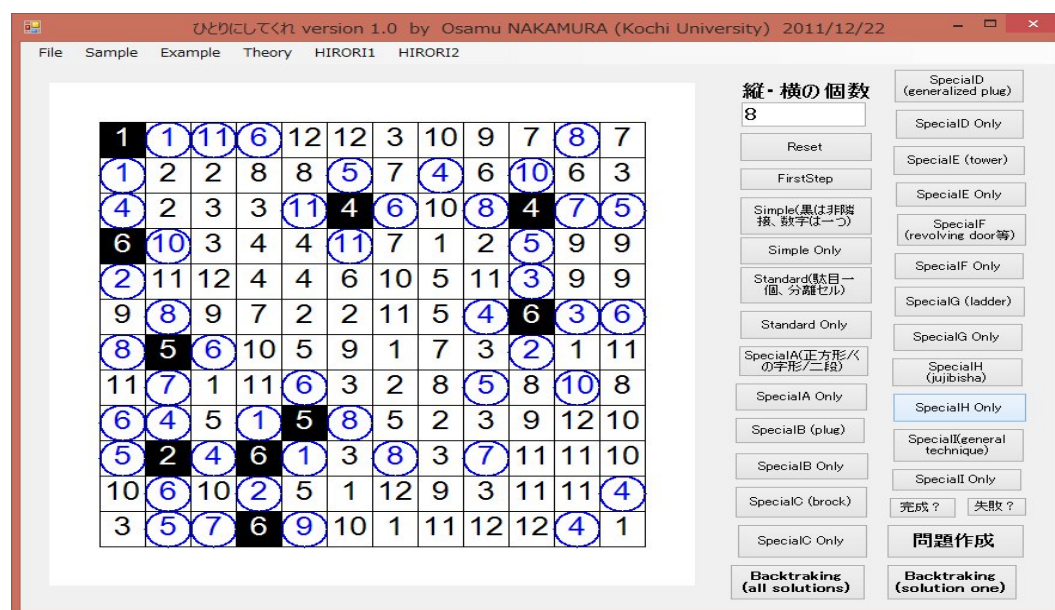


です。

ドア（door）には



のNなど色々なバリエーションが考えられます。
 次の問題は



です。この問題は「ペンシルパズル 55 ひとりにしてくれ 1 ニコリ刊」の 89 ページにある
 77 番 作：小山雲丹 の問題です。

右下の

			10
	11	11	10
	11	11	
12	12		

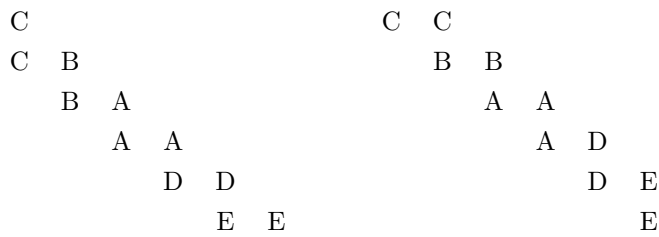
で、左上の 11 を確定すると

			■
	11	■	10
	■	11	
■	12		

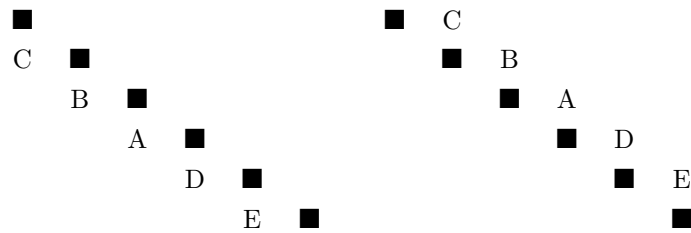
となるので

			10
	■	11	10
	11	■	
12	12		

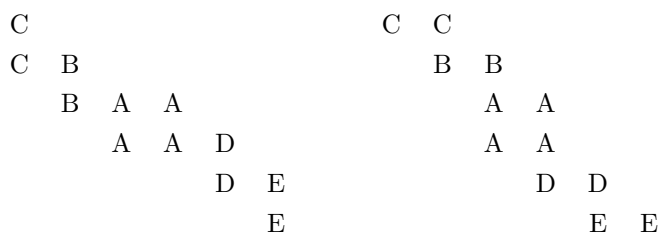
となります。これは既に考察したはずです。プログラムをチェックします。プログラミングして
 いたのは



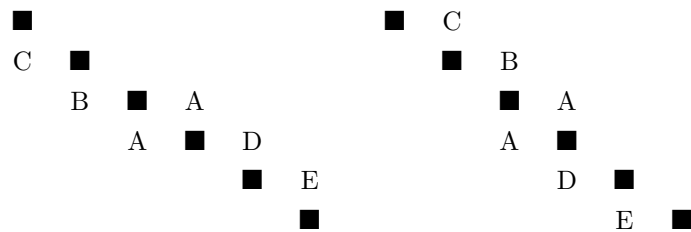
のような階段で中央のAを確定するとそれぞれ



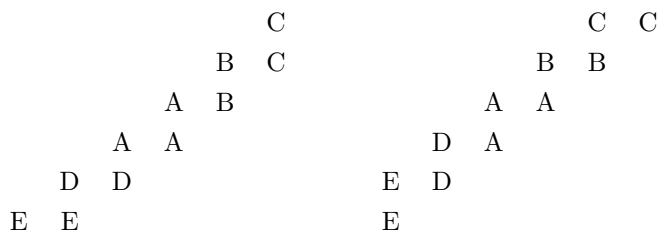
となり、分割が起こるのでこの A が黒枠になる場合がある。



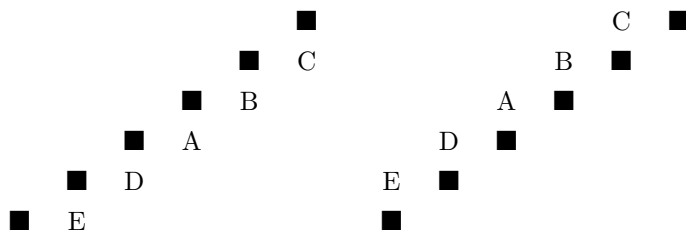
のような階段で中央のAを確定するとそれぞれ



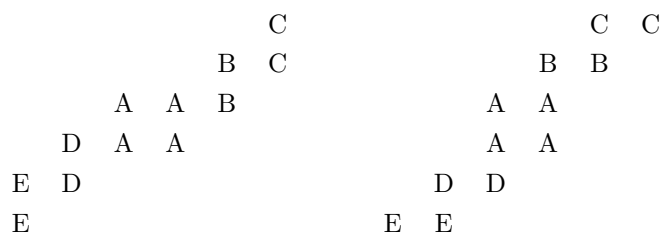
となり、分割が起こるのでこの A が黒枠になる場合がある。
で、一方の方向の階段しかプログラミングしていませんでした。



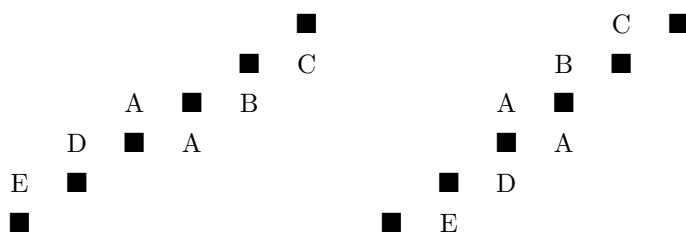
のような階段で中央のAを確定するとそれぞれ



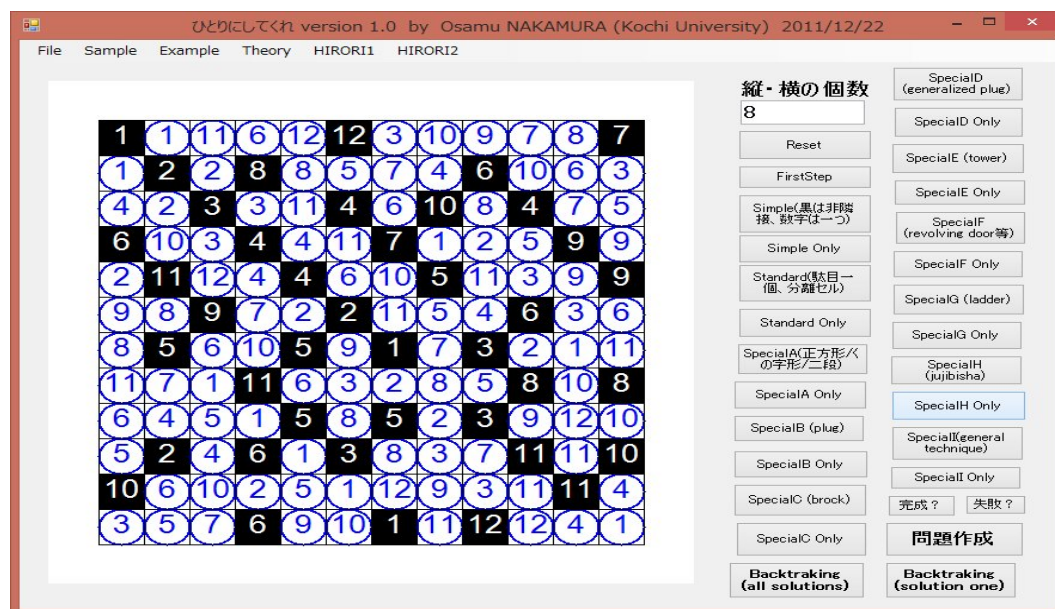
となり、分割が起こるのでこの A が黒枠になる場合がある。



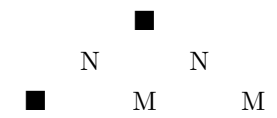
のような階段で中央のAを確定するとそれぞれ



となり、分割が起こるのでこの A が黒枠になる場合がある。この部分のプログラミングが抜けていました。プログラムを修正します。「SpecialH Only」のボタンを押すと



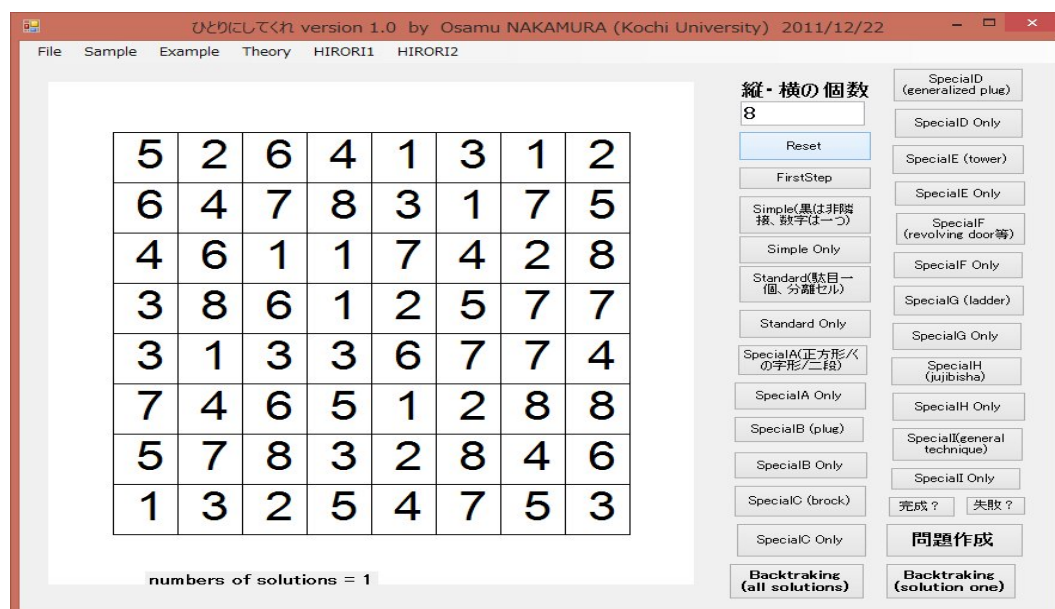
です。



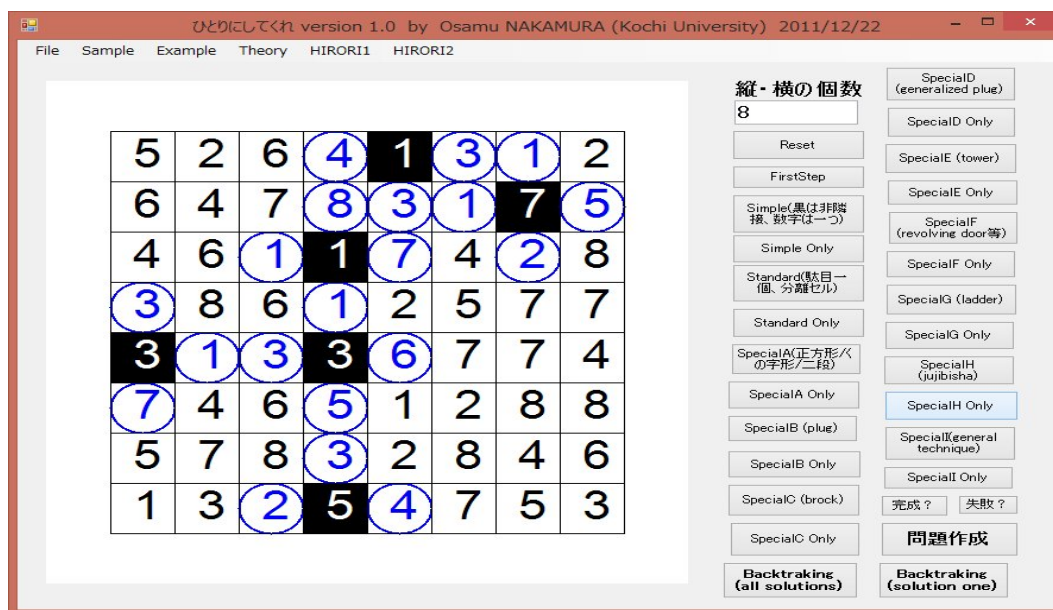
のような複雑な栓 (complexplug) のチェックもプログラミンがすべきですが、プログラミングが複雑になるのももうやめました。「SpecialH Only」のボタンを押しても解決しないときは「Backtraking」のボタンを押すことにします。これでパズル「ひとりにしてくれ」の解析は中断します。きりがありません。

「SpecialII Only」のボタンはボタンを作っているだけで、「SpecialII (general technique)」と「SpecialII Only」のプログラミングは出来ていないです。その為には新たな法則を発見する必要があります。

更に「Backtraking」のボタンがあり、法則だけを使って解くのではなく、幾つかの法則としらみつぶしの方法を使って解くためのボタンです。それから「問題作成」のボタンも有ります。このボタンは未完成で、例えば

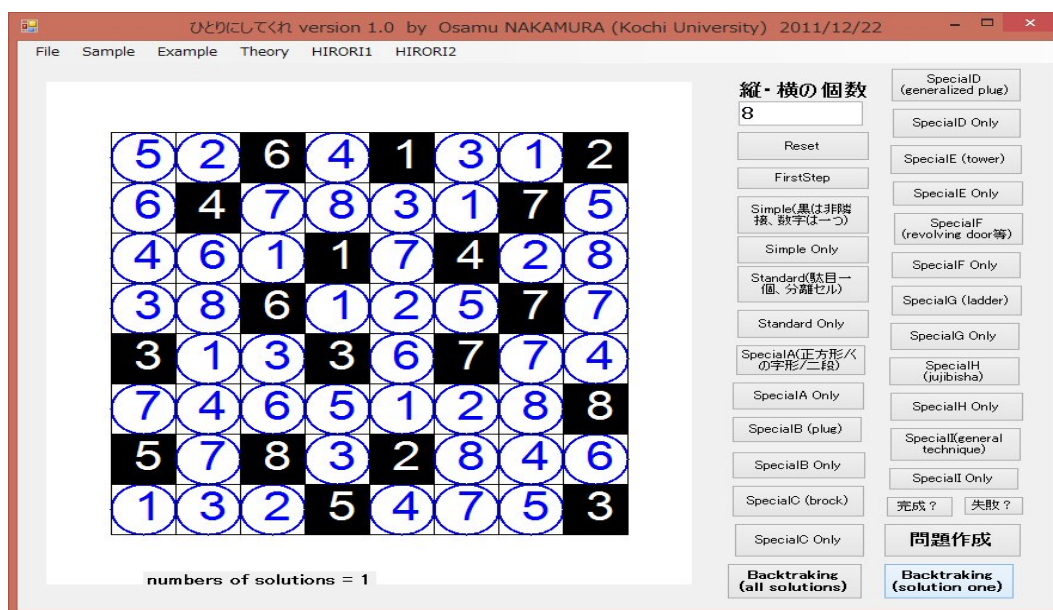


のような問題を作りますが、「SpecialH Only」でも解けません。



です。

「Backtracking」のボタンを使って、しらみつぶしに調べれば解



がある事が分かります。乱数を使って問題をランダムに作らせているので、ほとんどの問題は「Standard Only」のボタンで解けます。この様な難しい問題を作るのは非常にまれです。綺麗な解く楽しさを与えてくれる「ひとりにしてくれ」のパズルの問題をコンピュータに作らせるのはかなり難しそうです。囲碁のプログラムに関心があって、パズルのプログラミングにはほとんど時間を割いていないので何とも言えませんが、その点「数独」は非常に研究されていて、そこそこの問題をコンピュータに作成させるのも簡単です。「ひとりにしてくれ」のパズルの新しい本が出版されないのは綺麗な解く楽しさを与えてくれる問題の作成が困難なせいだと思います。「ひとりにしてくれ」のパズル」は盤面の大きさに制限がないのでいくらでも複雑な問題が作れ、法則の発見も

きりがありません。問題作成のプログラミングまで出来れば、「ひとりにしてくれ」のパズルは卒業です。「数独」の問題作成のプログラムを作り、パズルの出版社などに問題を提供して稼いでいる人がいます。私も「数独」の問題作成プログラムも作っていますがお金は稼いでいません。何事も最初にやった人の勝ちです。懸賞パズルをコンピュータで解いて応募してもまず当たりません。パズルは思考力養成・法則やパターン発見のための教材だと考えた方が良いでしょう。数学はまさに法則やパターン発見の学問です。それを現代はコンピュータが助けてくれます。この解説文を作ったプログラムは現在 15927 行です。

この様なパズルの解決のための法則の発見が自力で出来れば、高知大学教育学部の数学の卒論や修論として通用するはずですし、教員採用試験でも大きな売りになるはずです。教員採用試験の準備のための面接をすると自分をアピールできない人がいます。自分はこんなことをやったと自慢できる何かを持つことが大切です。この文章が何かの参考になれば幸いです。数学的なパズルはいっぱいあります。自分の気に入ったパズルの解析をしてみてください。自分で新しいパズルを考案できればさらにいいです。コンピュータの素晴らしさを実感するはずです。