

数独パズルにおける低難易度の細分化

Subdivision of low difficulty for Sudoku

夏見 勇矢†
Yuya Natsumi

謝 孟春†
Mengchun Xie

森 徹†
Toru Mori

村田 充利†
Mitsutoshi Murata

1. はじめに

数独（ナンバープレース）とは一定のルールにしたがって数字を埋めるペンシルパズルの1つである。情報科学の分野から様々な研究が行われており、現在では高性能な難易度判定アプリケーションが開発されている[1]。

一般に数独の難易度判定には解を得る際に用いた解法によって難易度の区分を行っている。しかし、“一番基本的な CRBE 法だけで 4 割強の問題が完成”することから、解法による区分は基本的な解法のみで解ける低難易度の問題を十分に評価できないという問題がある[2]。

本研究では基本的な解法のみを使用し、新たな難易度の判定基準として導きパーセントを提案する。問題を解くまでにかかった手数と導きパーセントを用いて基本的解法が属する難易度をさらに細かく区分する。これによって数独をはじめようという初心者が想定している難易度に近くなる評価方法ができ、数独を楽しめる人が増えることが期待できる。

2. 基本的な解法（CRBE 法）

2.1 数独

数独のルールは極めて単純で、 9×9 に分割された正方形のタテとヨコ、 3×3 に区切られたブロック内に 1~9 までの数字を 1 回ずつ入れるというものである。

数独の基本的解法は次のようになる（図 1）。

- ① 同じ数字は入らないので重ならないようにする（図 1 の右下の 9）。
- ② 残り 1 マスとなっているところは 1 つの数字しか入らない（残り 1 マスルール）。

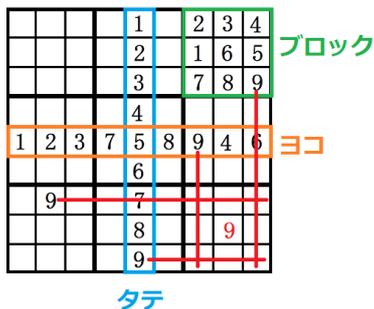


図 1 数独の基本的解法

2.2 難易度の区分

これまでの研究での解法による難易度の区分を表 1 に示す。問題全体の 4 割強の問題が基本的解法のみで解けるにもかかわらず、表 1 から基本的解法が属する難易度は 1 つあるいは 2 つしかない。これは初心者にとって問題の選択が難しく、挫折しやすい[1-3]。

表 1 解法による難易度区分

難易度区分	基本的解法が属する難易度
Beginner, Very Easy, Easy, Pleasant, Confort, Hard, Very Hard, Ultra Hard	Beginner, Very Easy
レベル1~レベル6	レベル1
★1~★7	★2(別の解法を含む)

3. 低難易度の細分化のための評価方法

本研究は低難易度の問題を細分化するために手数を定め、導きパーセントおよび評価方法を提案する。

3.1 手数

解を得るまでの手数を以下のように定める。

- 残り 1 マスルールを適用すると 1 手。
- 上下・左右のマスに現在選択している数字が入らないと決めると 2 手。
- ブロック内のマスに同じ数字が入らないと決めると 1 手。

これは人間が実際に問題を解く際の行動をもとに定義しており、単純に手数が多いほど難しい問題であると考えられる。

3.2 導きパーセント

空きマス数に対する導きポイントの割合を導きパーセントという（式(1)）。導きポイントとは残り 1 マスルールを適用した回数の中で、問題を解いていく過程で生じる残り 1 つのマスに 1 つの数字しか入らないマスの数である。導きパーセントが高いほど問題は簡単であると考えられる。

$$\text{導きパーセント} = \frac{\text{導きポイント}}{\text{空きマス数}} \quad (1)$$

3.3 評価方法

本研究は基本的解法のみで解ける問題を対象に手数と導きパーセントそれぞれを用いて難易度区分を作成し、2 つを合わせて難易度を「かんたん」、「ふつう」、「むずかしい」の 3 段階で評価する。また、残り 1 マスルールのみで解ける問題を「とてもかんたん」、基本的解法のみでは解けない問題を「初心者には難しい」とする(表 2)。

表 2 難易度の評価方法

評価方法	難易度区分
手数・導きパーセントによる複合評価	かんたん
	ふつう
	むずかしい
残り1マスルールのみで解ける	とてもかんたん
基本的解法のみでは解けない	初心者には難しい

4. 実験と分析

4.1 手数・導きパーセントを用いた問題の測定と分析

市販されている書籍[4-6]と App Store にて無料で配信されているアプリケーション[7-9]を対象に手数と導きパーセントを測定した。

有料の問題集について、問題集ごとにかかった手数と導きパーセントを図2～図7に示す[4-6]。

図2と図3から問題集[4]は手数900を超える問題が14問あり、難しい傾向である。一方、導きパーセントは40%と43%の問題が多く、難しいとは言えない。

図4～図7から問題集[5]と問題集[6]はそれぞれ手数が451～500と401～450を中心とした裾野が広がるような問題配置で、同様に導きパーセントでも39%と41%を中心とした問題配置である。

無料の問題集についても、問題集ごとにかかった手数と導きパーセントを図8～図13に示す[7-9]。

図8と図9から問題集[7]は手数350以下に問題が集中しており、かんたんな傾向である。導きパーセントは非常に広い分布を示しており、40～49%がもっとも多く、全体的に導きパーセントも高く、かんたんな傾向である。

図10と図11から問題集[8]は手数451～500を中心とした裾野が広がるような問題配置で、導きパーセントでも39%を中心とした裾野が広がる問題配置である。

図12と図13から問題集[9]は手数300以下の問題を除いて平均的な問題配置で、手数401～500の問題数が少し減っている。一方、導きパーセントは42%を中心とした裾野が広がる問題配置で、導きパーセントが高い。

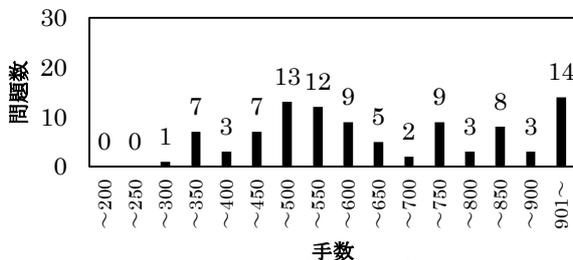


図2 問題集[4]の手数

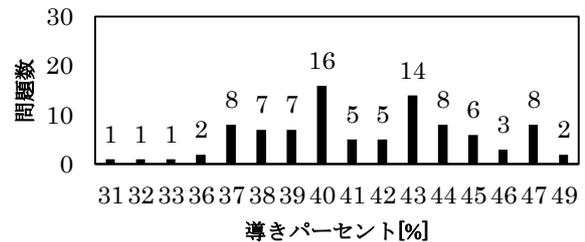


図3 問題集[4]の導きパーセント

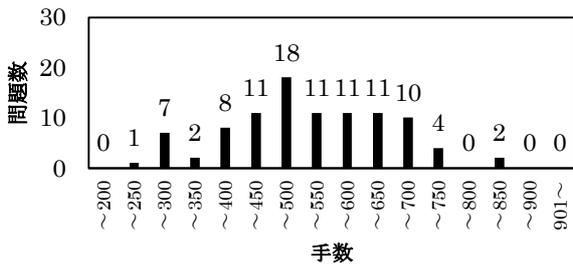


図4 問題集[5]の手数

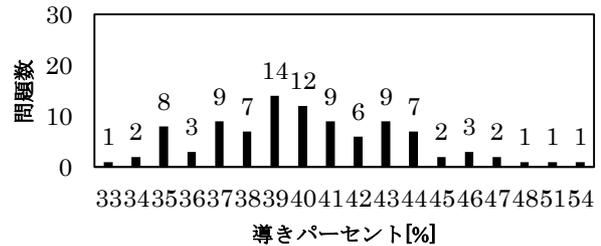


図5 問題集[5]の導きパーセント



図6 問題集[6]の手数

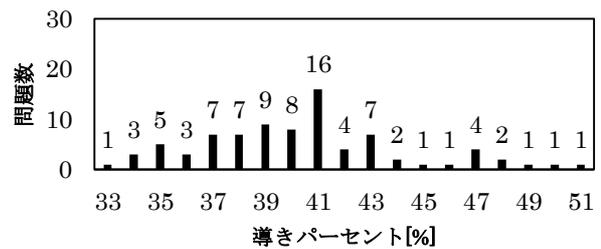


図7 問題集[6]の導きパーセント

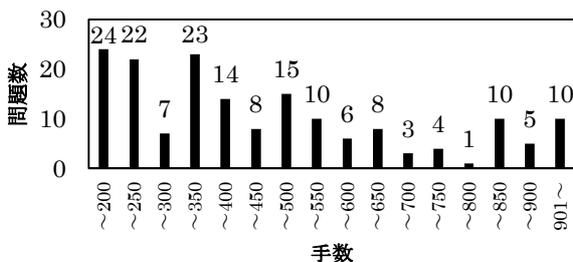


図8 問題集[7]の手数

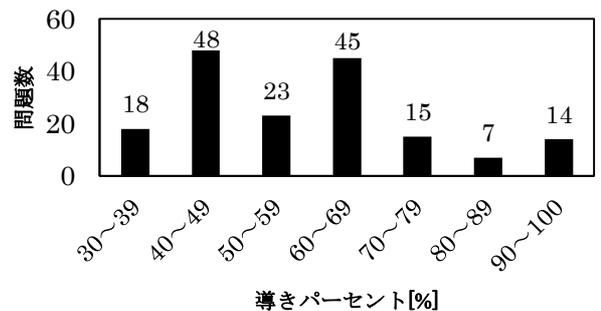


図9 問題集[7]の導きパーセント

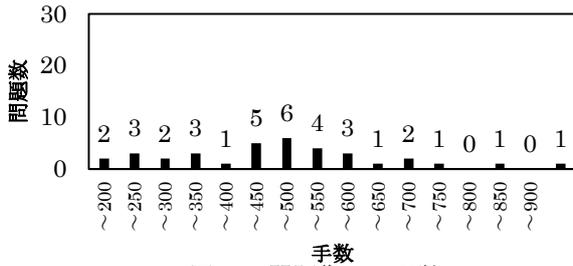


図 10 問題集[8]の手数

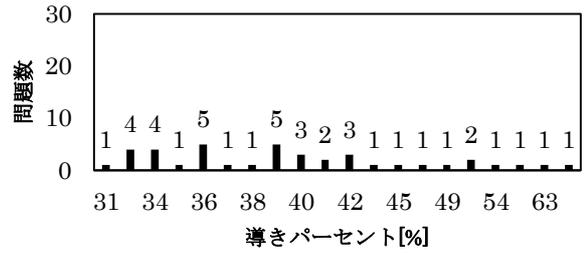


図 11 問題集[8]の導きパーセント

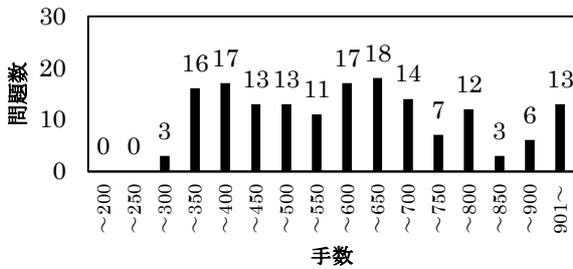


図 12 問題集[9]の手数

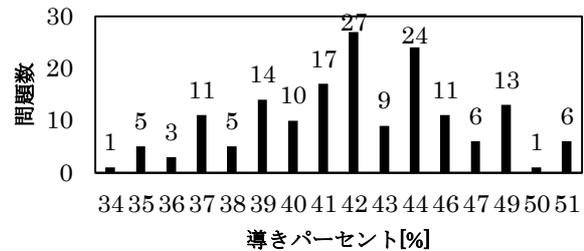


図 13 問題集[9]の導きパーセント

4.2 有料と無料の問題集の違い

前節の手数の分析から有料問題集は問題集[4]の手数 901以上を除いて、ほとんど手数401~500を中心とする裾野が広がった形になっている。無料問題集では特定の形のようなものがなく、他の判断基準を設けていることが考えられる。一方、導きパーセントの分析から有料問題集では 39%、40%、41%で低い問題を中心としている。無料問題集では 42%、44%で有料より高い。問題集[7]の導きパーセントの 30%~59%の部分を拡大し、中心が 44%であることを図 14 に示す。なお、問題集[8]は無料であるにもかかわらず有料のグラフに近い形となっている。これは無料の問題が数十問程度で課金によって問題を購入するタイプのアプリケーションであるからと考えられる。

手数と導きパーセントはどちらも難易度の基準となっているが、問題集 [4]のように結果が食い違う場合がある。すなわち、手数は多く、導きパーセントは高いというような問題が存在する。

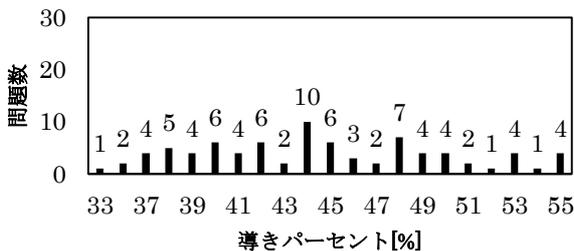


図 14 問題集[7]の導きパーセント 33%~55%周辺

表 3 手数昇順

手数	導きパーセント[%]	所要時間[分]	前印象	後印象
383	35	5	むずかしい	かんたん
383	35	75	むずかしい	むずかしい
273	40	17	ふつう	かんたん
273	40	35	むずかしい	ふつう
398	41	8	かんたん	ふつう
638	41	17	ふつう	むずかしい
911	41	64	ふつう	むずかしい
911	41	12	ふつう	ふつう
510	43	13	ふつう	むずかしい
502	44	15	ふつう	かんたん
467	47	20	ふつう	ふつう

4.3 アンケートの結果と評価

数独の難易度を手数と導きパーセントで判定した結果が人間の感覚に一致するかどうかを評価するためにアンケート実験を行う。被験者は 8 人で、あまり数独に触れたことのない学生である。使用した問題は有料の問題集から抽出した。実験の流れは次の通りである。

1. 問題の配布 (複数問回答あり)
2. ルールの説明
3. 問題を解く前に見た感じの印象を回答する
4. 時間を計測しながら問題を解く
5. 問題が完成した後、答えあわせを行い、解いた後の印象を回答する

アンケートの結果を手数昇順で並べたものを表 3 に、導きパーセント昇順で並べたものを表 4 に示す。

表 3 から手数が少ないほど問題を解いた後の印象が「かんたん」である傾向がわかった。一方、表 4 から導きパーセントが低いほど問題を解く前の印象が「むずかしい」である傾向がわかった。

手数も導きパーセントも問題を解く過程から得られるパラメータであるが、導きパーセントは問題の空きマス数に依存するため、問題を解く前の印象に影響されると考えられる。

表 4 導きパーセント昇順

手数	導きパーセント[%]	所要時間[分]	前印象	後印象
273	40	17	ふつう	かんたん
273	40	35	むずかしい	ふつう
383	35	5	むずかしい	かんたん
383	35	75	むずかしい	むずかしい
398	41	8	かんたん	ふつう
467	47	20	ふつう	ふつう
502	44	15	ふつう	かんたん
510	43	13	ふつう	むずかしい
638	41	17	ふつう	むずかしい
911	41	64	ふつう	むずかしい
911	41	12	ふつう	ふつう

4.4 難易度の区分の作成

アンケートの結果を踏まえてそれぞれ手数と導きパーセントをもとにした難易度の区分を表 5、表 6 のようにした。

表 5 手数の難易度区分

手数	難易度
400以下	かんたん
401～500	ふつう
501以上	むずかしい

表 6 導きパーセントの難易度区分

導きパーセント	難易度
45%以上	かんたん
40%～44%	ふつう
39%以下	むずかしい

また、問題を解く前の印象は最終的な問題を解いた後の印象に影響を与えることがある。すなわち、「かんたん」そうに見えた問題が少し難しく感じれば「むずかしい」になり、「むずかし」そうに見えた問題が少し簡単に感じれば「かんたん」になる。そのため、より人間の感覚に近い判定ができるように導きパーセントの難易度によって手数の判定上下限を調整する(表7)。導きパーセントが「かんたん」であれば、手数の「ふつう」の上限を下げ、「むずかしい」と判定される問題を増やすことで人間の感覚に近づけることができると考えられる。

表 7 判定上下限の調整

導きパーセント	手数
「かんたん」	「ふつう」の上限を下げる
「ふつう」	そのまま
「むずかしい」	「ふつう」の下限を上げる

5. まとめ

本研究では数独の難易度の新たな判断基準である手数と導きパーセントの提案および複合評価を行った。

さまざまな問題集に対し手数と導きパーセントを用いた測定を行った結果、有料問題集では、手数と導きパーセントに対する問題集の分布はほぼ正規分布のようである。一方、無料問題集では分布の傾向は存在しない。有料と無料の問題集には異なる難易度区分が存在することがわかった。また、アンケート実験の結果から問題から受ける印象と手数・導きパーセントとの関係もわかった。しかし、作成した難易度区分が初心者の想定に近い難易度区分になっているかどうか、無料問題集においても問題から受ける印象と手数・導きパーセントとの関係が成り立つかどうかは未確認であるため今後の課題とする。

参考文献

- [1] ナンプレメモランダム,
<http://numberplace.blogspot.jp/search?updated-min=2009-01-01T00:00:00%2B09:00&updated-max=2010-01-01T00:00:00%2B09:00&max-results=50>
- [2] 土出 智也・真貝 寿明, 数独パズルの難易度判定一解法ロジックを用いた数値化の提案一, 大阪工業大学紀要, Vol1(2011)
- [3] 小場 隆行・中所 武司, 数独の難易度判定アプリケーションの提案と評価, 情報処理学会研究報告, Vol.2011-GI-25, No.8(2011)
- [4] 日本でいちばん! ★本格派の★ナンプレ 250問 2013年11月号, マガジンマガジン(2013)
- [5] スーパーかんたんナンプレ, 池田書店(2013)
- [6] World Puzzle やさしすぎるナンプレ, 池田書店(2012)
- [7] ナンプレ Lv999, Seventh rank
- [8] 数盤シリーズ, RideonJapan
- [9] 数独 3000, Gaku Suzuki