

# 人の「こだわり」を読み解く数独解法:アルゴリズムベース解法と人特性の差異と類似性

An investigation in unraveling the role of human persistence and preference through analyses of the transition process among various methods when solving SUDOKU puzzle

赤池 早紀<sup>\*1</sup>  
Akaike Saki

我妻 広明<sup>\*1, \*2</sup>  
Wagastuma Hiroaki

<sup>\*1</sup> 九州工業大学大学院生命体工学研究科  
Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology

<sup>\*2</sup> 理化学研究所脳科学総合研究センター  
RIKEN BSI

Backtracking method was used as to a solution of the SUDOKU puzzle by computer algorithms. The method traces a route to follow according to the tree structure, up to the end of the branches and changing leaves one by one, exploring the whole solution space. However, humans prefer SUDOKU to solve in their own way. In the present study, we investigated solutions of human subjects and analyzed after a short moment, and interviewed to elucidate what kind of rules the subject used and why. In our experimental analyses, we found individual differences of operation rules and transition of between rules, which are sometimes shared in amateur and expert.

## 1. はじめに

コンピュータのように最終的な労力を考慮せず与えられたあるルールに基づき無限に解探索を行う解法は、人の解法とは異なる。人が数独を解く場合には、「条件の厳しいマスを探す」、「特定の数字しか入らないマスを探す」、「可能性を絞り込む」、「試行錯誤」するなどの方法(解法規則)を組み合わせていることが知られている[Delahaye 2006][戸神 2006]。多くのコンピュータアルゴリズムは単一の方法を逐次的に行うことで解導出を保証するため、人のように状況によって方法論を変えれば解に辿り着くことが保証されなくなる。しかし、人間は「直感的」と呼ばれる方法でも、解に辿り着くまでに工夫や試行錯誤を重ね到達することができる。また、その方法は個人差があり、初心者と熟練者でどのような異なる直観性が効率的な問題解決に繋がっているかは大きな謎である[赤池 2013]。本研究では、人が数独を解く過程を観察し、解法規則間の遷移と運用の個人差を明らかにする。

## 2. 方法

### 2.1 数独

本研究での対象は「数独」である。全体が $9 \times 9$ の81個のマス目からなる論理パズルで、81マスが9つの小さな正方形のブロックに分かれている(図1)。そのいくつかのマスにはあらかじめ数字が埋めてあり、空のマスに埋めるためには i) マス目には1から9の数字のみを使用、ii) 行・列・ブロックに同じ数字が重複しないという二条件を満たし、すべてのマスに数字を埋めなくてはならない。難易度の低い問題なら、一カ所の答えがわかると次々に数字を一意に決めることができるが、難易度が上がるにつれて、一つのマスに入る数字の候補が複数個現れ、各ステップにおいて一意的には解けない問題となり、解を得るために

は分岐にいくつか試しに入ってみて確かめる必要が出てくる。

### 2.2 バックトラッキング法

数独を解くコンピュータアルゴリズムとしてバックトラッキング法が知られている。この解法は、数字の埋まっていないマスを手前から順番に仮の数字で埋めていき、整合性が合わなくなればもとの分岐路に戻るという方法である。例えば、あるマスで制約条件を満たす数字が複数ある場合には、数字の小さいものから順に仮の数字として入れ、次のマスに行くという作業を矛盾(先の二条件に違反する)まで繰り返す。矛盾が出たら、仮に入れた時点でのマスに戻り、再び同じ方法を繰り返す。これは木構造を持つ解空間を一つ一つ枝葉の終端に至るまで辿る方法で、解が存在する場合に有限時間で解に到達する方法であるが、探索経路によっては多大な計算時間を要する。

			1	9		3	6	
		6		3	7	1		
3	1	9			2	8		
1	6			8			9	3
			4		9			
9	8			1			7	5
7	9	8			1	3		
		1		5	8	9		
			9	4			1	8

図1 観察実験で使った難易度の低い数独問題

## 3. 観察実験

本研究では、数独を解く際の人によって異なる解法規則やその遷移について調べた。人が数独を解く過程をビデオカメラで撮影し、その後5分程度で、解法規則や遷移を分析し、その分析を元に実験協力者が用いた解法規則やその理由などをインタビューし、個人によって異なる解き方を調査した。

表 1: 実験前に被験者に対して実施した数独に関するアンケート

	性別	数独の経験	レベル	追加情報	数独に対して
J10	男	ある	上級	高校のときに本を買っていた。	好き
L9	男	ある	上級	高校のとき、数独の雑誌を買って 40 問ほど解きました。	好き
T15	男	ある	初級	中学生くらいの頃に少し	嫌い
B12	男	ない	×	×	×

本実験では比較的難易度の低い問題を用いた(熟練者なら5分程度)。実験では時間無制限として解き終えるまで観測することとした。実験協力者の特性については表1に示す。

#### 4. 実験結果とその分析

4 名の実験協力者が数独を解く過程を観察し分析した結果を図 2, 図 3 に示す。図中の色付き枠は、Delahaye が指摘した熟練者における解法規則 [Jean-Paul Delahaye 2006] に含まれるものである。本実験では、ある数字に注目し「特定の数字しか入らないマスを探す」規則(紫色)と、「条件の厳しいマスを探す」規則(緑色)のものである。また、数独の問題を解くのにかかった時間を表 2 に示す。

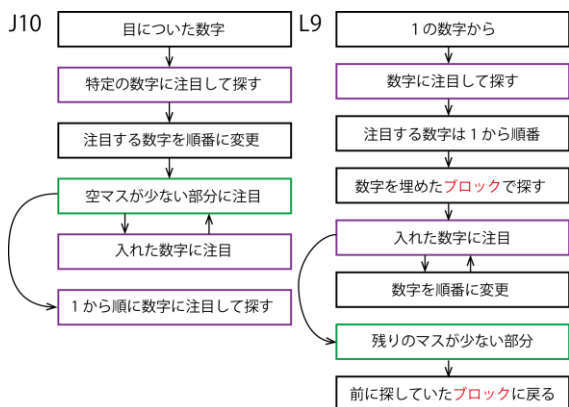


図 2 J10 と L9 の数独を解く過程

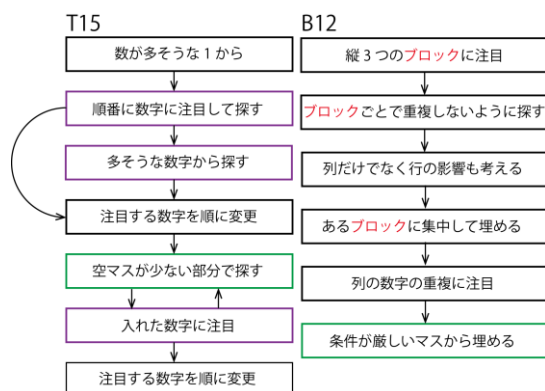


図 3 T15 と B12 の数独を解く過程

経験者 (J10, L9, T15) と未経験者 (B12) を比較すると、数字に注目して入るマスを探している経験者とは違い、未経験者は場所の範囲に区切って、その中で数字の重複がないように考えている。この結果、経験の有無で問題を解くのにかかる時間に大きな差がでている。

また、経験者の中でも問題を解く時間に差が見られる。J10 と L9 の 4 分 19 秒と 5 分 56 秒に比べ、T15 の解くのにかかった時間は 9 分 56 秒と約 2 倍になっている。この原因の一つ目として考えられるものは、実験協力者の特性(表1)を見ると、数独を解

くことに対しての好き嫌いが挙げられる。二つ目としては、迷いが挙げられる。J10 は、迷いが起こる状況で、「注目する数字を1から順に変えて探す」ことで、問題を解決している。一方、T15 はその規則を運用中に、状況によって別の数字に注目すると、その規則から抜け出して、別の数字を試してみるという規則を使っている。つまり、既に埋まっている数字の中で多用されているものを発見すると、それは空のマス埋めるのに効率的のように見え、試してみるのだが、この作業(規則変更)の一時的な遷移は、結果として時間のかかる原因となっている。J10 と T15 は、一見、数独を解く過程に共通性があるが、その遷移過程にことなる様相があることが、観測された。

図 2 の L9 と図 3 の B12 を比較すると、ブロックに注目して問題を解く共通性が認められる。したがって、必ずしも経験の有無で運用規則やその遷移が確立されるとは言えない。この場合の共通性、「行・列・ブロックの条件の中でもブロックに注目して考える」ことは、効率から得られたというよりも、本人の特性、あるいはある種のこだわりとして、行と列の影響を考えながら数字を探していることが考えられる。

表 2: 数独の問題を解くのに使用した時間

	時間	正答
J10	0:04:19	○
L9	0:05:56	○
T15	0:09:56	○
B12	0:16:39	○

#### 5. 考察

観察実験からは、難易度が低い問題でも、未経験者はマスに候補の記入をしながら、数字が埋まる場所を探していることが観察できた。また、観測中の得られたデータから、J10 は個人の癖として、問題用紙の端に埋め終わった数字をチェックしていくことで無駄な思考をしない工夫も遂行している。結果的に、この作業も効率を上げる効果があるようである。

本研究では、経験や性格などで個人の規則の内容が異なるかどうかについて分析を行った。実験の結果、人の規則運用、遷移の方法は、つまり解き方は必ずしも効率的であるとは言えず、効率性よりも個人の好みの方が優先されてるように見える。また、用いられる規則、その遷移は問題の難易度や、解いている過程の状況によっても変化することが想定され、今後、問題の難易度も変えた詳細な検証が不可欠である。

#### 参考文献

[Delahaye 2006] Jean-Paul Delahaye: The Science behind Sudoku, Scientific America 294, 80-87, 2006.  
 [戸神 2006] 戸神星也: 数独の解生成と解に対する番号付け, 東京工業大学理学部情報学科卒業論文, 2006.  
 [赤池 2013] 赤池早紀, 我妻広明: 数独解法アルゴリズムにおける脳内計算過程の検討, JWEIN'13, ネットワークが創発する知能研究会, 41-46, 2013.