

# ヒント数17の数独パズルのMCMCを利用した生成について

長尾 卓<sup>†</sup>  
名城大学 理工学部<sup>†</sup>

山本 修身<sup>‡</sup>  
名城大学 理工学部<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

数独パズルは、与えられたヒントを元に1から9の数字を縦、横、3×3ブロックのどの数字にも重複させず、マス埋めていくパズルである。また、ヒントから導かれる最終盤面はただ1通りである必要がある。以降、数独パズルの答えを「解」と表す。

本研究は先行研究 [1] に基づく。[1] は再急降下法を用いてヒントを生成しているが、シミュレーテッドアニーリング (SA) [2] で観測できなかったヒントの候補を考慮していなかった。そこで、本研究はその部分を考慮し、効率的にヒントの生成をしようと考えた。本研究の目的は [1] と同様に、ヒント数 17 の問題を効率よく生成することである。ヒント数の下限は 17 と [3] により証明されている。

## 2 ヒント生成アルゴリズム

本研究では、最も解の個数が減少するヒントを追加していく。本研究のヒント生成アルゴリズムの概略を図 2 に示す。SA [2] によるヒント生成は、SA を用いて多く生成した偏りのない解で最も出現回数の少ないヒントの候補をヒントに追加する。バックトラッキング [4](BT) によるヒント生成は、BT で生成した全ての解で最も出現回数の少ないヒントの候補をヒントに追加する。また、ヒント数 14 時点の解の個数は少ないほどヒント数 17 の問題生成確率が高いため、図 2 のアルゴリズムとしている。

## 3 研究結果と今後の課題

図 3 に先行研究と本研究のヒント数別の問題生成確率を示す。ヒント数 17 の問題生成確率は、先行研究

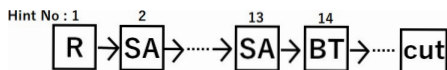


図 1 先行研究のアルゴリズムの流れ [1]. 処理 R はランダムにヒントを決定する。

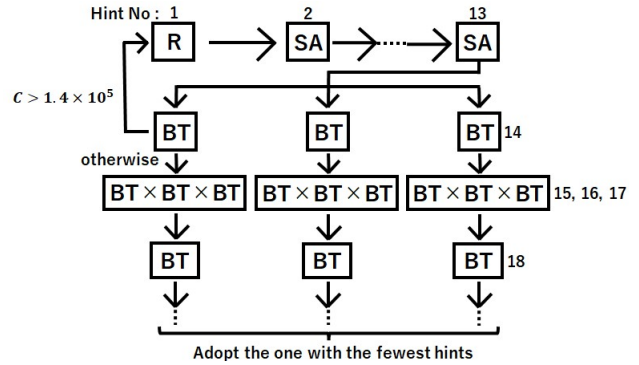


図 2 提案するアルゴリズムの流れ。C はヒント数 14 が決定された時点で 3 つの中で最も多い解の個数。

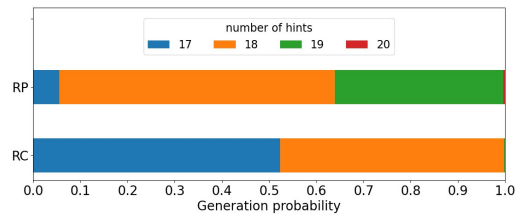


図 3 先行研究 (RP) と本研究 (RC) の問題生成割合。

から約 46% 向上した。また、問題を生成する平均時間は、先行研究では約 1 時間 45 分であったのに対し、本研究では約 1 時間 50 分であった。

今後は、SA で効率良く解をサンプリングできるような内部温度の初期値と最終値、冷却率を検討していく。

## 参考文献

- [1] 古川 湧：ヒントの少ない数独パズルの生成に関する研究。2020 年度名城大学大学院理工学研究科修士論文 (2021)
- [2] Bruce E. Rosen, 中野 良平：シミュレーテッドアニーリング：一基礎と最新技術一，人工知能学会誌，Vol.9, No.3, pp.365-372 (1994)
- [3] G. McGuire, B. Tugemann, and G. Civario: There is no 16-clue Sudoku: Solving the Sudoku minimum number of clues problem via hitting set enumeration. *Experimental Mathematics*, 23:2, pp. 190-217 (2014)
- [4] 藤原 暁宏：アルゴリズムとデータ構造。第 2 版，情報工学レクチャーシリーズ，森北出版 (2016)

On generation of Sudoku puzzles with seventeen hints using MCMC

<sup>†</sup> Suguru Nagao, Meijo University

<sup>‡</sup> Osami Yamamoto, Meijo University