

珠算競技における効果的な練習問題の自動生成法について

原子弘務 井上一磨 諏訪貴大 福岡省伍 村田遼 須子統太

早稲田大学社会科学部

1. はじめに

珠算競技は解答時間の早さ、並びに正答率の高さを競う競技である。しかし確立された練習方法はなく、一般的には、効果の善し悪しを理解しないまま単調な練習が繰り返し行われている。

本研究では珠算競技における効率の良い練習方法の確立を目的とする。そこで、練習の効率化を図るために、機械学習手法を用いた苦手問題の自動生成システムを提案する。

競技者の協力のもと、ランダムに生成した練習問題の中から競技者が苦手である感じた問題のデータ化を行い、提案システムによる苦手問題の生成を行った。そのもとで、システムにより生成された苦手問題の評価と、苦手問題を用いた練習の効果を検証した。

2. 珠算競技の概要

2.1 珠算競技とは

珠算競技では様々な種目があり、速さと正確さを競い合う。代表的な種目としては、かけ算・わり算・見取算（足し引き算のこと）などがある。そのほかにも紙をめくりながら計算する伝票算や2乗根・3乗根を計算する開法、商業的な文章題を解く応用計算などが現行の検定試験において行われている。

トッププレイヤーは、どの種目においても、時間さえあれば計算を誤ることは少ない。それゆえ大会ではタイムの時間差によって勝敗が決まり、正確性よりも速さが重要視される。また各選手によって得意な種目・苦手な種目は異なる傾向がある。

2.2 種目「わり算」

本研究では種目の中の「わり算」について評価を行った。今回使用した問題は $11 \text{ 桁} \div 5 \text{ 桁} = 6 \text{ 桁}$ （例： $31,011,861,999 \div 67,891 = 456,789$ ）の問題で、余りは発生せず、必ず割り切れる問題となっている。上記の同種問題を6問1セット（1回戦）とし、6問すべて解いたタイムを計測する。

3. 苦手問題生成システム

3.1 提案システムの概略

提案システムについて説明する。

まずランダムに練習問題を生成し競技者に実際に聞いてもらう。その中で数字の並びや計算過程において、競技者が難しいと感じた問題に苦手ラベルを付与し学習データとする（図1：①）。連続する数字の回数や、ゼロの有無などを問題の特徴量とし、機械学習手法を用いて、苦手か否かを予測する予測モデルを作成する（図1：②）。

次に、新たにランダムに作成した問題に対し、作成した予測モデルに当てはめ、苦手かどうかの判別を行う（図1：③）。その結果、苦手と判別された問題のみを抽出し、苦手問題集を作成する。

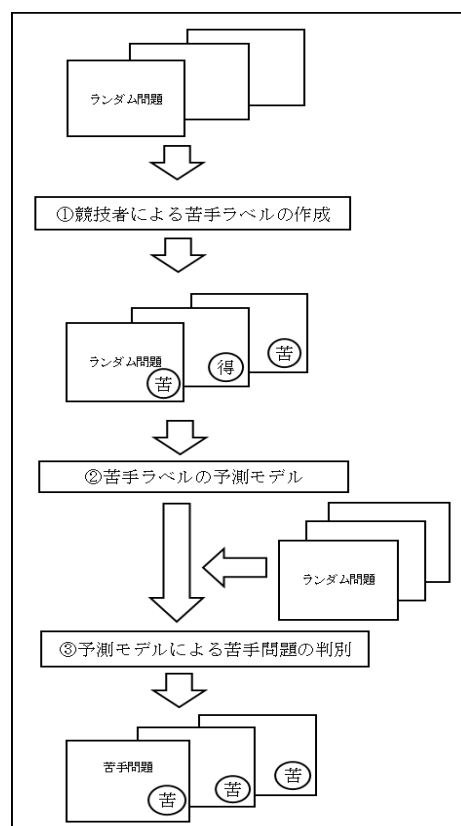


図1. 提案システムの概略図

3.2 「わり算」における特徴量

競技者に対し事前ヒアリングを行った結果、わり算競技においては、わられる数やわる数に同一

An Automatic Generation Method of Effective Exercises for Abacus

Hiromu Harako Kazuma Inoue Takahiro Suwa
Shogo Fukuoka Ryo Murata Tota Suko
School of Social Sciences, Waseda University

の数字が連続で並んでいる問題（例：58, 150, 157, 112 ÷ 88, 056=660, 377）や、数字にゼロを含んでいない問題（例：66, 641, 132, 936 ÷ 66, 722=998, 788）に関して難しいと感じる傾向があることがわかった。そこで、これらを考慮し、判別に用いる特徴量として以下の量を用いた。

- ・ わられる数の中で隣同士連続した回数の和
- ・ わる数の中で隣同士連続した回数の和
- ・ わられる数におけるゼロの有無
- ・ わる数におけるゼロの有無

4. 提案システムの評価

4.1 評価方法の概略

上記で提案したシステムの有効性を評価するため、実際に提案システムにより苦手問題を生成し、生成した苦手問題の評価と、作成した苦手問題でトレーニングを行った結果に対する評価の2種類の評価を行った。

実験は2017年10月11日から12月27日の間で行われ、被験者に対し、ランダムに作成した問題やシステムにより生成された問題を解いてもらい、そのタイムを計測した。

4.2 苦手問題の評価

まず提案システムによる苦手問題生成のため、ランダムに生成した1500問の問題(6題×250回戦)を被験者に解かせ、苦手ラベルを付与させた。1500問中、苦手ラベルが付与された問題は268問(≒17.9%)であった。このデータをもとに、決定木、アダブースト、サポート・ベクトル・マシン(SVM)の3つの分類アルゴリズムを用いて苦手問題を生成した。

生成した苦手問題が被験者にとって本当に苦手であるかを検証するため、分類アルゴリズム毎にそれぞれ180問苦手問題を作成し、改めて被験者に解答させタイムを計測した。事前に解いたランダム問題と、苦手問題それぞれにかかったタイムを表1に示す。なお被験者には、3種類の苦手問題をランダムに並べ、どの分類アルゴリズムを用いた問題かは伝えず、解答してもらった。

表1. ランダム問題と苦手問題のタイム

	練習前	決定木	アダブースト	SVM
平均	21.93016	25.75633	25.76733	28.01267
分散	12.82734	9.794403	11.59935	23.53137
サンプルサイズ	250	30	30	30

以上の結果に対し、平均値の差に関するt検定を行ったところ、全ての問題においてランダム問題との間にタイム差があることがわかった(1%

有意)。

4.3 システム利用による競技力向上に関する評価

次に、提案システムにより生成された苦手問題を用いたトレーニングの効果の検証を行った。

前述の実験の結果より、最も時間のかかったSVMにより生成された苦手問題を新たに生成し、被験者に1週間トレーニングしてもらった後、再びランダム問題を960問解き、トレーニング前後のタイムの比較を行った。

表2. 練習前と練習後のタイム

	練習前	練習後
平均	21.93016	21.919557
分散	12.82734	5.42706923

以上の結果に対し、分散の比に関するF検定を行ったところ、トレーニング前後で分散が異なっていることがわかった(1%有意)。また平均の差のt検定を行ったところ、有意とはならず、平均値の差に違いが無いことがわかった。

5. 考察

4.2の実験より、提案システムにより生成された苦手問題は、ランダム問題に比べて、タイムが約4秒から6秒遅くなった。つまり、生成した苦手問題は、被験者にとってランダム問題より苦手な問題になっていると考えられる。また、使用する予測モデルによって、平均や分散が異なり、それぞれ別の傾向の問題が作成されていることが予想される。

4.3の実験より、苦手問題でトレーニングをすることで、平均タイムは縮まらなかったが、分散を縮めることができた。これは、コンスタントにタイムを出せるようになったと言い換えられ、一発勝負の珠算競技において効果のある練習方法であると考えられる。

6. まとめ

本研究では、珠算競技において、苦手問題を自動生成するシステムを提案した。評価実験により、提案システムは競技者にとって苦手な問題を生成することができ、生成した苦手問題を用いたトレーニングは、タイムの分散を縮める効果があることがわかった。

今後は他種目における苦手問題の自動生成法についても検討したい。

参考文献

[1] 後藤正幸・小林学(2014)『入門 パターン認識と機械学習』コロナ社