

# 算盤の苦手操作克服のための ゲーム要素を用いた珠算学習支援手法

小嵯 泰造<sup>1,2</sup> 松田 裕貴<sup>1,2,a)</sup>

**概要:** 算盤の学習において、正確な珠操作を習得することは計算を正しく行う上で必須であるが、珠操作の種類は多様であり、学習過程において「苦手な珠操作」と直面する学習者は少なくない。この苦手な珠操作の克服には、長期に渡る繰り返し練習を要することが知られているが、苦手な珠操作ばかりを練習することは心理的な負荷が高く、学習者にとってストレスとなったり、学習することに対して嫌悪感を抱いてしまったりすることが懸念される。これまでに、市販の算盤にを書画カメラによって撮影した俯瞰映像を分析することで、算盤の盤面を認識する手法、および、珠算学習支援に必要な情報をリアルタイムに卓上ディスプレイ上へと提示する手法が提案されているものの、苦手操作の抽出・問題への反映を考慮したシステムは導入されていない。本研究では、珠算学習にゲーム要素を取り入れ、楽しみながら繰り返し学習ができるような仕組みを実現することで、苦手操作を効果的に克服するための珠算学習支援方法の確立を目指している。本稿では、算盤の盤面認識に基づく算盤の苦手操作の抽出方法および苦手絵操作を克服する問題生成方法について提案するとともに、苦手操作克服を実現するための珠算学習ゲームのシナリオを設計する。

## 1. 研究背景

算盤（そろばん）は、串で刺さされた5つ珠を移動させ、珠の位置で数を表現することにより、四則演算など計算の補助を行う道具である。算盤を利用した計算、いわゆる「珠算」は現代でも計算能力を得るための方法として利用されているが、利用者は少なくなりつつある。算盤を利用した珠算学習では、習得できる能力や効果が注目を集めている [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]。しかしながら、算盤を習得するうえで、「珠」を動かすために複数の順序が存在する指の操作方法や算盤上の数値の表し方など理解しなければならず、その習得には長期的な繰り返し学習が必要である。

算盤の学習方法としては、算盤教室や学校教育で学習する方法が一般的である。それらにおける指導方法としては、指導者が計算途中の学習者の珠操作を観察し、苦手操作や計算ミスを発見することや、正しい操作方法を実演することで理解を促し、指導するといったことが挙げられる。しかしながら、これらの方法は指導者という人手に頼っており、労力が必要となっていることが現状である。また、算盤の学習において、正確な珠操作を習得することは計算を

正しく行う上で必須であるが、珠操作の種類は多様であり、学習過程において「苦手な珠操作」と直面する学習者は少なくない。この苦手操作を克服するには、長期的な繰り返し練習を行う必要があるが、苦手操作ばかりを練習することは心理的な負荷が高く、学習者にとってストレスとなったり、学習することに対して嫌悪感を抱いてしまったりすることが懸念される。また、苦手操作を含んだ計算問題を繰り返し解くことで、克服するための練習になると考えられるが、従来の学習教材（紙の教本）では、必ずしも効果的に苦手操作を含む問題が出題されるとは限らない。この解決のため、機械学習を用いて、学習者の苦手な問題の傾向を推定し、苦手な問題を自動生成する方法が提案されている [8], [9] が、現状は苦手な問題の傾向抽出には学習者によるラベル付けが必要となっており、学習者に多大な労力を必要とする。

以上の背景から、本研究では、珠算学習にゲーム要素を取り入れ、楽しみながら繰り返し学習できるような仕組みを実現することで、苦手操作を効果的に克服するための珠算学習支援方法の確立を目的としている。著者らはこれまでに、一般的な算盤を使用して珠算学習を行う状況を想定し、市販の算盤に AR マーカを枠に貼り付け書画カメラによって撮影した俯瞰映像を分析することで、簡易に算盤の盤面を認識する手法を提案している [10], [11]。また、これ

<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学  
Nara Institute of Science and Technology

<sup>2</sup> 共同第一著者, Co-first author

<sup>a)</sup> yukimat@is.naist.jp

らの手法を拡張し、盤面認識の結果に基づき珠算学習支援に必要な情報をリアルタイムに卓上ディスプレイ上へと提示する手法も提案している [12]。しかしながら、これらの手法では、盤面の状況を逐次推定し計算結果の正誤判定はできるものの、苦手操作の抽出・問題への反映を考慮したシステムは導入されていない。そこで本稿では、上記の手法に基づいて、苦手操作の抽出および苦手克服のための問題生成の機能を有する珠算学習支援手法を提案するとともに、実現可能なゲームシナリオを設計する。

## 2. 関連研究

本章では、珠算学習支援システムおよびゲーム要素を取り入れた教育支援に関する研究について述べるとともに、本研究の立ち位置を示す。

### 2.1 珠算学習支援に関する関連研究

北川ら [13] は、プロジェクタ、LED ライト、RGB カメラを用いて、リアルタイムで算盤の盤面推定および算盤上に計算支援情報等を重畳表示することで、学習することができるそろばん学習支援システムを提案している。算盤学習者が実際の算盤を使用し、計算手順や指使いをプロジェクションマッピングにより視覚情報として提示することで、学習を行うインタフェースである。新川ら [14] は、そろばん教育における Web 学習支援システムを提案している。フラッシュ暗算、見取り算、読み上げ算などの学習用ソフトを使用し、Learning Management System (LMS) 上で成績管理を行う Web アプリケーションを開発した。齋藤ら [15] は、スマートフォンやタブレット端末を利用した学習支援ツールの提案している。端末の画面上で実際の算盤を再現し、珠を指で弾く操作を実現している。また、端末内の加速度センサを使用し、端末を傾けることで、御破算操作を行うことも可能となっている。Digika 社は、算盤の仕組みを類似したインターフェースをタブレット端末上で再現した新たな暗算学習指導を提供する「そろタッチ」というサービスを提供している [16]。タブレット端末上で算盤の珠操作をボタン操作に置き換え、計算する仕組みとなっている。

### 2.2 ゲーム要素を取り入れた教育支援に関する関連研究

中岡らは、eat2pic システム [17] を用いて開発した食育支援システム「めしクエ」を提案している [18]。食材の好き嫌いが多い子供を対象とした食育ゲームであり、食事行動を認識する箸型センサを用いて、認識した食材から技を発生させゲームプレイを行うタブレット端末のアプリケーションを開発した。新階ら [19] は、扱う問題の対象が時間的、空間的に大規模なものの場合での課題解決型学習による STEM 教育を実現するような教材の具体的事例として、生物の多様性の保全に関するシュミレーションをベース

としたデジタルゲーム形式の学習支援システム「里山管理ゲーム」を開発した。学習者がシュミレーションの世界を探索し、現象を観察したり、相互作用したりする中で、知識を獲得できたことを示している。

### 2.3 本研究の立ち位置

算盤学習者が珠算能力を向上するうえでは、学習者の苦手操作や計算ミスを発見し、指導するといったことが必要となるが、これらの方法は指導者という人手に頼っているのが現状である。このことから、学習者の珠操作センシングに基づいて学習者の状況に合わせた学習支援を提供することにより、算盤学習の効率を向上させることが可能と考えた。

これらの課題を解決するために、著者らは市販の算盤に AR マーカを枠に貼り付け、書画カメラによって撮影した俯瞰映像を分析することで、簡易に算盤の盤面を認識する手法を提案している [10], [11]。また、これらの手法を拡張し、盤面認識の結果に基づき珠算学習支援に必要な情報をリアルタイムに卓上ディスプレイ上へと提示する手法も提案している [12]。しかしながら、盤面の状況を逐次推定し、計算結果の正誤判定はできるものの、苦手操作の抽出・問題への反映を考慮したシステムは導入されていない。また、苦手操作を抽出し反映を行った問題を繰り返し練習するのみだと、苦手操作ばかりを練習することになり、学習者にストレスを与えたり、学習に対する負荷が多く、学習することに対して嫌悪感を与えることがある。

以上を踏まえ我々は、珠算学習にゲーム要素を取り入れ、楽しく繰り返し学習できるようにすることで、苦手操作を克服するための珠算学習支援システムの実現を目指している。本稿では、著者らの手法 [12] をベースとし、苦手操作の抽出・問題への反映を行う手法およびゲーム要素を追加することで、算盤の苦手操作克服のための珠算学習支援手法を提案する。

## 3. 苦手操作克服のための珠算学習支援手法

### 3.1 珠算学習支援システムの概要

本稿では、著者らがこれまでに提案してきた算盤の盤面認識手法および情報提示手法 [10], [11], [12] をベースとし、苦手操作の抽出・問題への反映を行う手法およびゲーム要素を追加し、珠算学習において苦手操作の克服を促すシステムを提案する。

図 1 に本研究で提案する珠算学習支援システムの全体像を示す。システム構成を図 2 に示す。システムは AR マーカを貼付した市販の算盤、算盤の盤面を俯瞰的な視点から撮像する書画カメラ、珠算の盤面認識・苦手操作の抽出・問題の生成を実行する小型パソコン、ゲームの画面を提示するディスプレイから構成される。

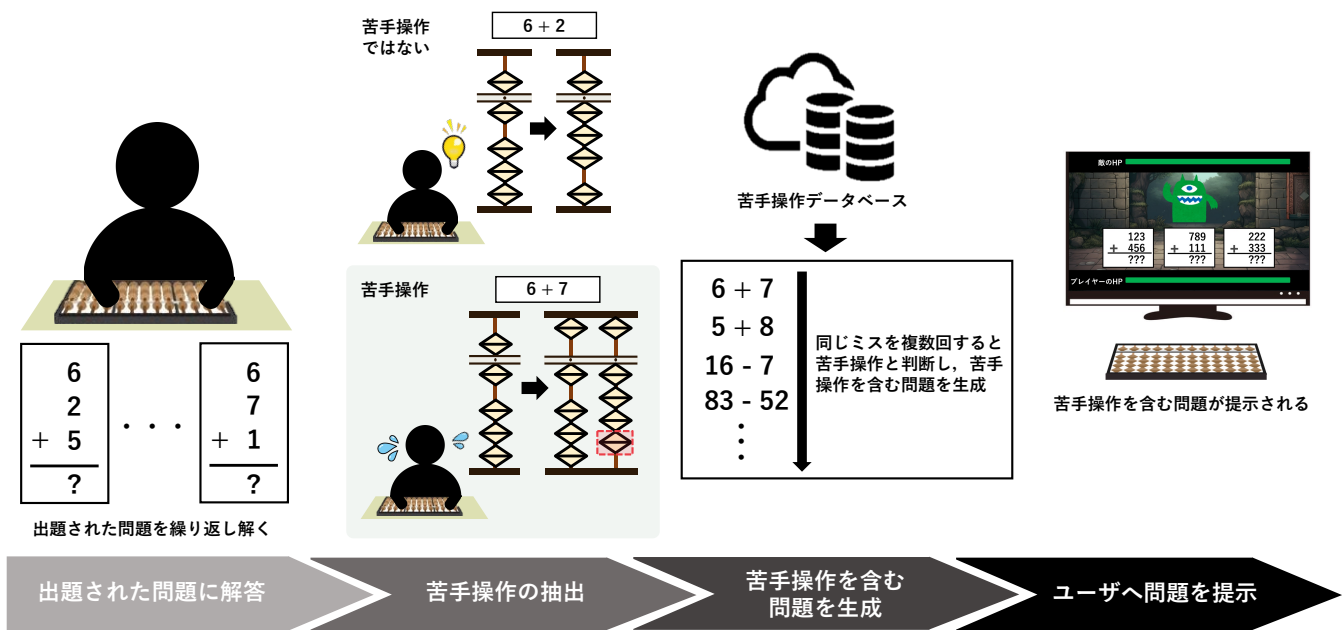


図 1 珠算学習支援システムの全体像

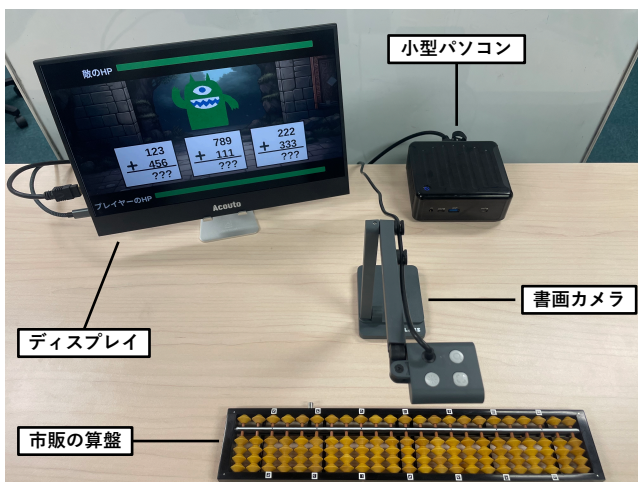


図 2 システム構成

- (1) ディスプレイ上に問題を提示し、ユーザはその問題を算盤上で計算する。
- (2) 書画カメラの映像を分析することで算盤上の入力値を認識する（従来手法 [10], [11] を使用）。
- (3) 計算結果の正誤判定に基づいて、ゲームの状態を変化させる。
- (4) 提示した問題・計算結果から、ユーザの苦手操作を抽出し、データベースに記録する。
- (5) データベースに記録された苦手操作を含む新たな問題を生成する。
- (6) 手順 1 に戻る。

### 3.2 苦手操作抽出および問題生成方法

苦手操作の例として、桁の繰り上がり操作や、本来入力すべき数字とは違う数字を誤って入力する癖がついてい

る操作などが挙げられる。これらの苦手操作の抽出と苦手操作を含んだ問題生成手法を提案する。

#### ■ 苦手操作の抽出

苦手操作を抽出する具体的な手順について以下に示す。

- (1) ユーザはゲームを開始し、ゲーム内に表示されている問題を算盤上で計算する。
- (2) 計算している問題内容と算盤の入力値のデータから、両者を比較し、計算ミスを検出する、
- (3) 検出時に、問題に含まれる桁の繰り上がり操作や入力した数値の操作を苦手操作データベースに記録する。
- (4) 過去に検出した計算ミスと同じ操作が含まれている問題で計算ミスが複数回あった場合、その操作を苦手操作と判定する。

上記の手順によって、書画カメラから学習者が計算している問題内容と算盤の入力値のデータを逐次収集し、学習者が苦手操作を行ったイベントを検出することで、苦手操作抽出を実現できる。

#### ■ 苦手操作を含んだ問題生成

ユーザの苦手操作がデータベースに記録された段階から、苦手操作を含む新たな問題を生成する。苦手操作データベースは、フラグ管理により行い、苦手操作が一定のしきい値を超えた回数検出された際に、その操作を苦手操作として、データベース内のフラグをたて、次の問題生成時から苦手操作が含まれた問題が提示される。苦手操作が一定のしきい値を超えない限りは、ステージの難易度に応じたユーザの苦手操作が考慮されていない問題がランダムで生成される。

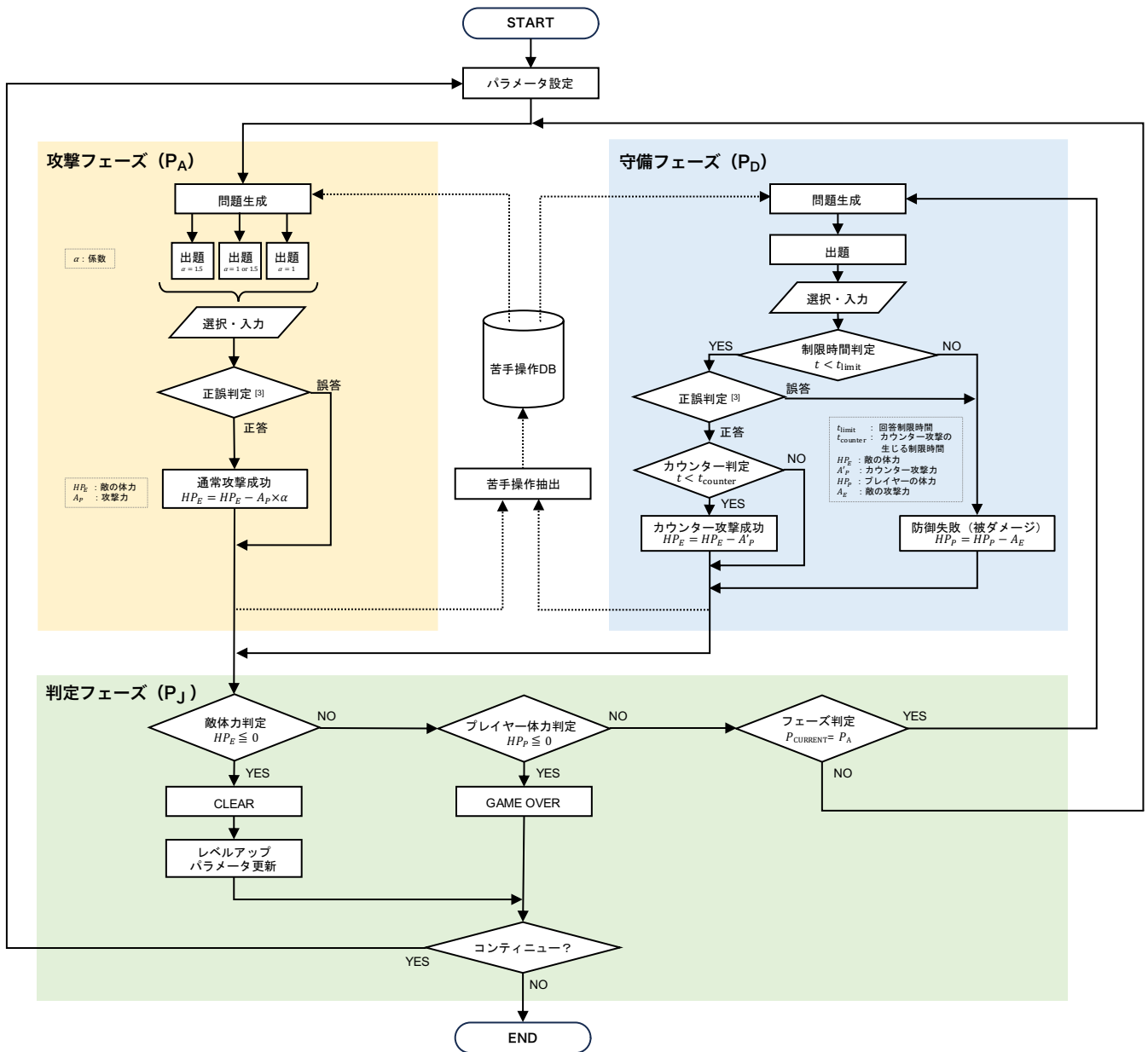


図 3 PvE ゲームを用いた珠算学習支援のシナリオ

### 3.3 ゲームシナリオ

ここでは、ゲーム要素を取り入れた珠算学習支援システムにおける、具体的なゲームシナリオについて設計する。提案システムで実現可能なゲームの種類は様々なものが考えられるが、本稿では通常の珠算学習環境（個人が問題集を解くことで学習を進める形態）を想定し、プレイヤーとコンピュータの敵で交互に攻撃を行い戦うターン制コマンドバトル (PvE ゲーム) のシナリオを設計する。プレイヤーは与えられた計算問題を算盤を用いて解くことで敵を攻撃する、敵はプレイヤーが苦手な問題を出題してプレイヤーを攻撃する、というものである。

ゲームのシステムフローを図 3 に示す。ゲームは攻撃フェーズ (P<sub>A</sub>)、守備フェーズ (P<sub>D</sub>)、判定フェーズ (P<sub>J</sub>) の三つのフェーズから構成される。1つのターンは、まず

プレイヤーの攻撃フェーズ (P<sub>A</sub>) から開始され、プレイヤー・敵の体力 (HP・ヒットポイント) 残量の判定フェーズ (P<sub>J</sub>)、その後、敵からの攻撃を防御する守備フェーズ (P<sub>D</sub>) へと続き、再び判定フェーズ (P<sub>J</sub>) を経て終了する。本ゲームにおける終了条件は、プレイヤーあるいは敵の体力が無くなる (0以下となる) こととした。また、ゲームの難易度はプレイヤーのレベルによってパラメータ (出題される問題の桁数や含まれる操作の難しさ、プレイヤー・敵の体力の初期値など) を変動させることで決定するものとする。

以降ではそれぞれのフェーズについて、詳細を述べる。

#### ■ 攻撃フェーズ (P<sub>A</sub>)

ゲームが開始されると、まずプレイヤーの攻撃フェーズ (P<sub>A</sub>) に入る。ゲームの UI 画面の構成例を図 4 に示す。画

## 攻撃フェーズ

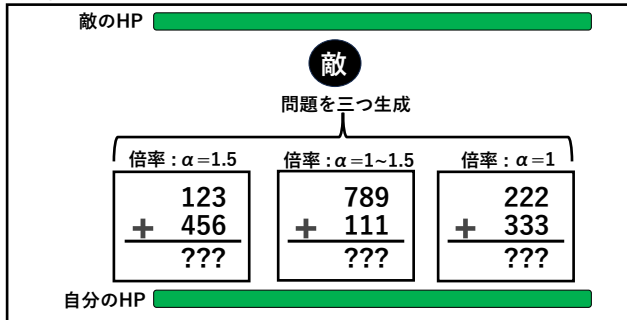


図 4 攻撃フェーズの画面

面上部のバーが敵の体力であり、下部のバーがプレイヤーの体力を示している。

攻撃フェーズでは、プレイヤーにとって難易度が異なる3つの問題が提示される。左の問題はプレイヤーの苦手操作を必ず含む問題が提示される。中央の問題はプレイヤーの苦手操作をある一定の確率で含む問題が提示される。右の問題はプレイヤーの苦手な操作を含まない問題が提示される。プレイヤーは提示された3つの問題のうち、ひとつを選択して算盤を用いて計算する。この計算結果が正解の場合には敵にダメージを与えることができ、逆に不正解の場合には敵にダメージを与えることができない。プレイヤーが難易度が高い（すなわち苦手操作が含まれる）問題を選択するモチベーションとして、難易度による敵へ与えるダメージの変化を設定する。例を挙げると、苦手操作を含んだ問題を選択し、正解した場合に、与えるダメージの係数（ $\alpha = 1.5$ ）が増加し、与えるダメージが増加する。一方で、苦手操作を含まない計算問題であれば、与えるダメージは変化しない（ $\alpha = 1.0$ ）。当然ながら苦手操作を含む問題はプレイヤーにとって不正解となるリスクが高く、ハイリスクハイリターンの選択となる。このように、苦手操作を含む問題をゲームにおける駆け引きに利用することで、プレイヤーが能動的に苦手操作の練習を選択することを促すことが可能となると考える。

なお、攻撃フェーズ（ $P_A$ ）が終了すると、判定フェーズ（ $P_J$ ）に入る。

### ■ 守備フェーズ（ $P_D$ ）

プレイヤーの攻撃フェーズ（ $P_A$ ）と交互に発生するのが守備フェーズ（ $P_D$ ）である。このフェーズは、敵が攻撃を仕掛け、プレイヤーはそれを回避・防御するようなシチュエーションを想定する。ゲームのUI画面の構成例を図5に示す。攻撃フェーズと同様に、画面上部のバーが敵の体力、下部のバーがプレイヤーの体力を示している。また、中央のバーについては防御の制限時間を示している。

守備フェーズでは、敵が問題の一つを生成し、プレイヤーに対し提示する。提示された計算問題は一定確率でプレイヤーの苦手操作を含んだ問題が提示される。また、出題さ

## 守備フェーズ

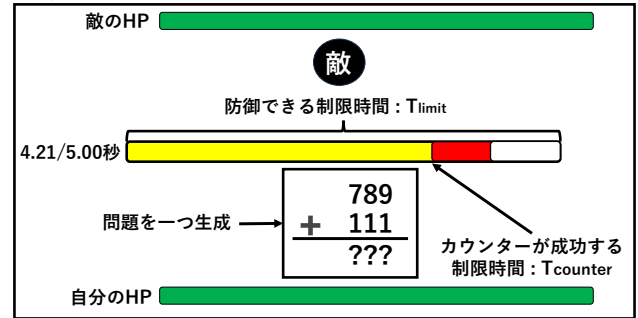


図 5 守備フェーズの画面

れた計算問題には制限時間が設けられており、制限時間内に算盤で計算を行い正解した場合には、敵の攻撃を防ぐことができる。一方、制限時間内に計算が終了しなかった場合、あるいは、計算結果が不正解であった場合には、守備失敗となりプレイヤーにダメージを与えられる。このように、攻撃フェーズとは対称的に、プレイヤーの選択の幅をあえて狭め、さらに制限時間を設けることによって、苦手操作を含む計算を素早くかつ正確に行うことのトレーニングを促す。また、追加のゲーム要素として、与えられた制限時間よりも更に速い時間で計算を終え、かつ正解した場合においては、逆に敵にダメージを与える仕組み（カウンター攻撃）を導入する。これは、「より早い時間で計算を完了させる」という、不正解のリスクが高まる一方、成功すれば敵にダメージを与えられる、というハイリスクハイリターンの選択である。攻撃フェーズの場合と同様に、「時間」を駆け引きに用いることで、プレイヤーが能動的に計算を素早く完了させる練習を促すことが可能となると考える。

なお、守備フェーズ（ $P_D$ ）が終了すると、判定フェーズ（ $P_J$ ）に入る。

### ■ 判定フェーズ（ $P_J$ ）

判定フェーズ（ $P_J$ ）では、プレイヤーおよび敵の体力（ $HP_P$ ,  $HP_E$ ）の体力残量の判定、および、次に遷移するフェーズを判定する。まず、敵の体力がなくなった場合（ $HP_E \leq 0$ ）、現在のゲームはクリア状態と判定され、プレイヤーのレベルアップ・パラメータ更新がなされる。一方、プレイヤーの体力がなくなった場合（ $HP_P \leq 0$ ）、ゲームオーバー状態となる。これらの状態になった場合には、いずれも現在のゲームを終了するフローへと入り、ゲームを続行するかどうか（コンティニュー選択）の選択をプレイヤーに要求する。コンティニューすると選択した場合、更新されたパラメータに基づく新たなゲームが開始される。コンティニューしないと選択した場合には、システムが終了する。なお、プレイヤー・敵の双方について体力が残っている場合、次に遷移すべきフェーズを判定する。現在のフェーズが攻撃フェーズ（ $P_A$ ）の場合、守備フェーズ

( $P_D$ )に入り、そうでなければ攻撃フェーズ ( $P_A$ )に入る。

### 3.4 その他のゲームシナリオ

本稿で提案したゲームシナリオ以外にも、複数のゲームシナリオがあると学習のモチベーション向上になるので、その他のゲームシナリオについて提案する。一つ目は、複数のプレイヤーが互いに攻撃を行い戦うゲーム (PvP ゲーム) である。全てのプレイヤーに同じ問題が与えられ、一番速く問題に解答し、正解したプレイヤーが他のプレイヤーにダメージを与えることができる。二つ目は、リズム要素を取り入れたゲームである。リズムには時間や正確さが重要であり、一定の間隔で与えられる計算問題を解くと上手くリズムを奏でることができる。これらのゲームにより、正確さや計算速度などの珠算能力の向上に繋がると考えられる。このように珠算学習にゲーム要素を取り入れることによって、珠算能力を向上しつつ、楽しみながら行えるので、学習のモチベーションの維持にも繋がる。

## 4. おわりに

珠算学習において、苦手操作を克服することで、珠算能力の向上に繋がることから、苦手操作を克服するための珠算学習支援システムの実現を目指している。本稿では、苦手操作の抽出・問題への反映を考慮した算盤の苦手操作克服のためのゲーム要素を用いた珠算学習支援手法を提案した。提案手法により、学習者が珠算学習において、ストレスや嫌悪感を抱かずに苦手操作を克服できるきっかけになると考えられる。また、ゲーム要素を取り入れることで、楽しみながら学習できると考えられる。今後の展望として、実際の算盤学習者を対象に、短期的・中長期的な実験を行い、提案システムの実用性について評価を行う予定である。

**謝辞** 本研究の一部は、KDDI 財団調査研究助成 (2021 年度) の助成を受けて行われたものです。

### 参考文献

- [1] Amaiwa, S. and Hatano, G.: Effects of Abacus Learning on 3rd-graders' Performance in Paper-and-Pencil Tests of Calculation, *Japanese Psychological Research*, Vol. 31, pp. 161–168 (online), DOI: 10.4992/psycholres1954.31.161 (1989).
- [2] Stigler, J. W.: “Mental abacus”: The effect of abacus training on Chinese children's mental calculation, *Cognitive Psychology*, Vol. 16, No. 2, pp. 145–176 (online), DOI: 10.1016/0010-0285(84)90006-9 (1984).
- [3] Amaiwa, S.: The Effects of Abacus Learning on Solving Arithmetic Problems: A Comparative Study of Elementary / Junior High School Students at Upper Level and Inexperienced Students, *Journal of the Faculty of Education, Shinshu University*, Vol. 96, pp. 145–156 (1999).
- [4] Wang, C., Xu, T., Geng, F., Hu, Y., Wang, Y., Liu, H. and Chen, F.: Training on Abacus-Based Mental Calcula-

- tion Enhances Visuospatial Working Memory in Children, *Journal of Neuroscience*, Vol. 39, No. 33, pp. 6439–6448 (online), DOI: 10.1523/JNEUROSCI.3195-18.2019 (2019).
- [5] Wang, C.: A Review of the Effects of Abacus Training on Cognitive Functions and Neural Systems in Humans, *Frontiers in Neuroscience*, Vol. 14, No. 913, pp. 1–12 (online), DOI: 10.3389/fnins.2020.00913 (2020).
- [6] Lu, Y., Li, M., Cui, Z., Wang, L., Hu, Y. and Zhou, X.: Transfer Effects of Abacus Training on Cognition, *Current Psychology*, Vol. 42, pp. 6271–6286 (online), DOI: 10.1007/s12144-021-01968-1 (2023).
- [7] Hu, Y., Geng, F., Tao, L., Hu, N., Du, F., Fu, K. and Chen, F.: Enhanced White Matter Tracts Integrity in Children With Abacus Training, *Human Brain Mapping*, Vol. 32, No. 1, pp. 10–21 (online), DOI: 10.1002/hbm.20996 (2011).
- [8] 原子弘務, 井上一磨, 諏訪貴大, 福岡省伍, 村田遼, 須子統太: 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, 第 80 回全国大会講演論文集, No. 1, pp. 897–898 (2018).
- [9] 北村瑠菜, 原子弘務, 守屋郁宏, 神頭和希, 於勢奈都子, 角田和正, 須子統太: 珠算競技における苦手問題自動作成法について～かけ算に対する検討～, 第 81 回全国大会講演論文集, No. 1, pp. 731–732 (2019).
- [10] 松田裕貴: 書画カメラを用いた珠算行動センシング, 電子情報通信学会技術研究報告, センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会 (SeMI), Vol. 123, No. 31, pp. 70–75 (2023).
- [11] Matsuda, Y.: Abacus Manipulation Understanding by Behavior Sensing Utilizing Document Camera as a Sensor, *The 5th International Conference on Activity and Behavior Computing, ABC'23*, pp. 1–18 (2023).
- [12] 松田裕貴, 松田裕貴: 珠算学習支援のための盤面認識に基づくリアルタイム情報提示手法, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO 2023) シンポジウム論文集, pp. 63–67 (2023).
- [13] 北川珠莉, 鈴木優: 珠の位置認識と操作手順の重畳表示を用いたそろばん学習支援システム, 情報処理学会インタラクティブ 2022, pp. 759–762 (2022).
- [14] 新川晃司, 川崎健志, 澤田一樹, 二石芳裕, 筑宗徳, 渡邊一衛: そろばん教育における Web 学習支援システムの開発, 成蹊大学理工学研究報告, Vol. 48, No. 1, pp. 75–79 (2011).
- [15] 齋藤謙太, 佐々木整, 水野一徳: 携帯電話を利用した学習支援ツールの開発, 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 8, No. 3, pp. 653–654 (2009).
- [16] 株式会社 Digika: そろタッチ, <https://www.sorotouch.jp/>. (accessed 2023-08-24).
- [17] Nakamura, Y., Nakaoka, R., Matsuda, Y. and Yasumoto, K.: eat2pic: An Eating-Painting Interactive System to Nudge Users into Making Healthier Diet Choices, *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies (IMWUT)*, Vol. 7, No. 1, pp. 1–23 (online), DOI: 10.1145/3580784 (2023).
- [18] 中岡黎, 中村優吾, 松田裕貴, 三崎慎也, 安本慶一: メシクエ: ご飯を食べて敵を倒す食育ゲームの提案, 第 29 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集 (DPSWS '21), pp. 197–198 (2021).
- [19] 新階幸也, 青木良太, 小林和奏, 武田義明, 楠房子, 溝口博, 杉本雅則, 舟生日出男, 山口悦司, 稲垣成哲: STEM 教育での課題解決能力獲得に向けた学習支援システム「里山管理ゲーム」—複数の里山への対応による学習効果に関する検討—, 成蹊大学理工学研究報告, Vol. 45, No. 2, pp. 112–127 (2018).