

陣取りゲームを題材としたプログラミング教材の開発と教育効果

井上 泰仁¹ 黒木 祥光² 太田 健吾³ 小保方 幸次⁴ 松野 良信⁵ 小嶋 徹也⁶ 出江 幸重⁷
佐藤 秀一⁸ 奥田 遼介⁹ 寺元 貴幸¹⁰

1. はじめに

1990 年より、高専生のプログラミングスキルや問題解決能力を涵養するために全国高等専門学校プログラミングコンテスト（以下、高専プロコン）を開催している。これまでに、28 回の開催実績があり、高専生の情報技術教育の場として定着している。2008 年からは、NPO 法人高専プロコン育成協会（NAPROCK）が設立され、正式な国際大会と併催されている。2018 年 10 月に、アスティとくしま（徳島県徳島市）にて開催された大会で 29 回目を迎えた。

高専プロコンは、課題部門、自由部門、そして、競技部門の 3 つの部門から構成されている。課題部門や自由部門は、高専生のアイデアと発想力で、独創的な作品製作を行っている。近年、高精度なセンサーやデバイスなども提供されており、課題部門や自由部門の作品に取り込まれている。競技部門は、毎年、テーマが異なり、時間、精度、そして最良解探索などで競うため、我々は、その競技システムの開発に取り組んでいる [1-9]。第 5 回大会から競技部門が導入され、画像復元、計量・計測、暗号化通信、スライドパズル、タイリング、シルエットパズルなどのテーマを出題し、選手が製作するプログラムの優劣を競っている（表 1、図 1）。

第 29 回大会では、競技部門「巡りマス」と題し、マス目に区切られたフィールド上で、いかに多くの陣地を占有できるかを競う、陣取りゲームを実施した。本稿では、高専プロコンにおける陣取りゲームを題材とした競技部門のシステム・教材の開発、大会の様子などについて報告する。

2. 競技部門「巡りマス」

2.1 概要

競技部門「巡りマス」では、マス目に区切られたフィールド上でいかに多くの陣地を占有できるかを競う陣取り

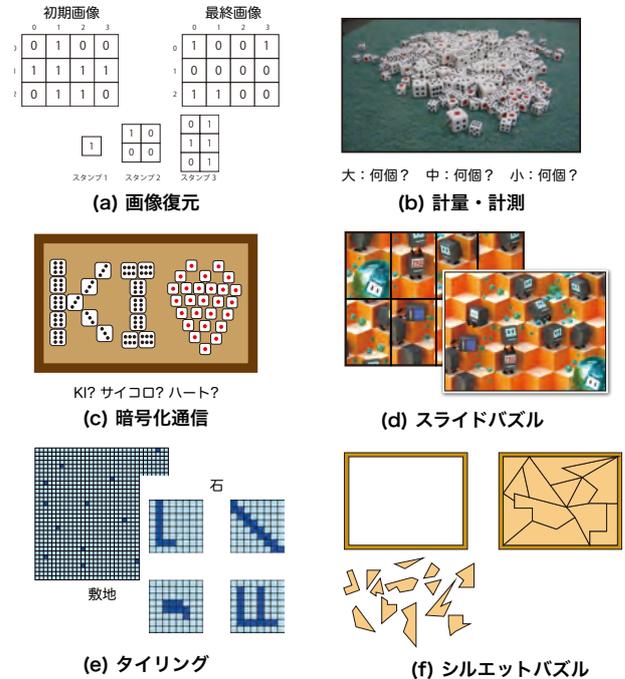


図 1: 競技部門のテーマ

ゲームを実施する（図 2）。チームは 3 名のメンバーで構成され、2 名がフィールド上を移動するエージェントとなり、1 名が司令塔となってエージェントに移動方向を指示する。試合はターン制で進行し、1 ターンごとに両チームのエージェントが同時に 1 マス移動する。司令塔は次にどの方向へ移動するかを 10 秒以内に 2 名のエージェントへ伝える必要がある。指示を送る方法は自由ですが、エージェントはいかなる電子機器もフィールドへ持ち込むことはできない。敵チームに看破されないセキュアな方法で、正確かつ迅速にエージェントへ指示を送る必要がある。一定のターン数が経過した時点で、エージェントが移動した経路によって囲まれる陣地の面積がより大きかったチームの勝利となる。エージェントの初期配置は試合によって異なり、また、フィールドには障害物が置かれていることもある。フィールドの変化に対応できる柔軟な戦略と、メンバー間の頑健かつ効率的な通信方法が勝利のカギになる。マス目に区切られたフィールド上で、いかに多くの陣地を占有できるかを競う、陣取りゲームの教材開発を行なったので、その競技ルール、進行手順などを示す。

1 舞鶴工業高等専門学校 電気情報工学科
2 久留米工業高等専門学校 制御情報工学科
3 阿南工業高等専門学校 創造技術工学科
4 一関工業高等専門学校 未来創造工学科
5 有明工業高等専門学校 創造工学科
6 東京工業高等専門学校 情報工学科
7 鳥羽商船高等専門学校 情報機械システム工学科
8 長岡工業高等専門学校 一般教育科
9 株式会社 Preferred Networks
10 津山工業高等専門学校 総合理工学科

表 1: 競技部門のテーマと概要

開催回数 (主管校)	テーマ	概要
第 5 回 (富山)	ノートパソコンと GPS を用いた面積測定	公園を計測
第 6 回 (函館)	イメージクリップボードを用いた体積測定	回転体を計測
第 7 回 (北九州)	鬼さんこちら ビツとなる方へ	目隠し迷路
第 8 回 (長岡)	あっちの花をピッ! キング	LAN を使った物探し
第 9 回 (明石)	ひょっこりプロコン島	正 8 面体サイコロパズル
第 10 回 (呉)	ピースで peace	多角形タイリング
第 11 回 (鈴鹿)	みえつかくれつ箱運び	リアルな倉庫番
第 12 回 (鶴岡)	孫・まご・積木のおかたづけ	リアルな 3D パズル
第 13 回 (石川)	以心伝心 DNA	4 色ボール通信
第 14 回 (東京)	達人に隙なし	展開図タイリングパズル
第 15 回 (新居浜)	記憶のかけら	写真でジグソーパズル
第 16 回 (米子)	ハートを捜せ!	画像検索
第 17 回 (茨城)	片付けマス	ピンポン球陣取り
第 18 回 (津山)	石垣工務店	入札パズル
第 19 回 (福島)	フラッと収集車	燃費最適化
第 20 回 (木更津)	何色? サツと見 発見伝	パズル: クラスタ形成
第 21 回 (高知)	水瓶の恵みー緑と水のネットワークー	リアルタイム陣取り
第 22 回 (一関・舞鶴)	よみがえれ, 世界遺産	画像復元
第 23 回 (有明)	数えなサイ	サイコロを数える
第 24 回 (旭川)	じょっぴん通信	サイコロ通信
第 25 回 (一関)	キオクのかげら II	ジグソー&スライドパズル
第 26 回 (長野)	石畳職人 Z	順序付きタイリング
第 27 回 (鳥羽商船)	ホントの魅力がミエますか?	シルエットパズル
第 28 回 (大島商船)	おいでませ, ホントの魅力へ	シルエットパズル
第 29 回 (阿南)	巡りマス	リアルタイム陣取り

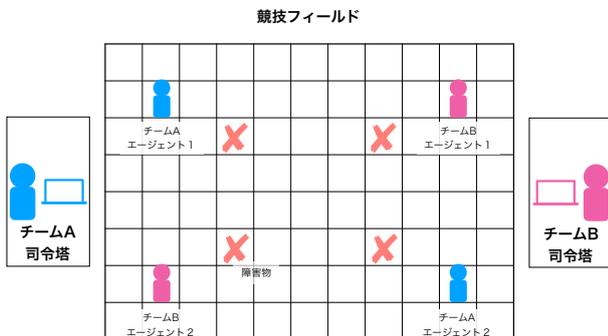


図 2: 競技概要

フィールド フィールドは、最大で縦 12×横 12=合計 144 のマスで構成され、フィールドの大きさは試合によって異なり、1 マスの大きさは 50cm×50 cm である。チーム A のエージェント 2 名、チーム B のエージェント 2 名がそれぞれ、いずれかのマスに配置される。一方のチームが不利にならないように、エージェントは必ず、線対称に配置する。必ずしも、外側のマスに配置されるとは限らず、中央寄りの位置に配置される場合もある。フィールドのいずれかのマスに障害物が配置されることもあり、一方のチームが不利にならないように、障害物も線対称に配置される。

司令塔エリア 200[cm]×100[cm] の広さで、電源は用意されない。司令塔はこのエリアの外に出るはけません。エリア内に 180cm×45cm (高さ 70cm) のテーブル 1 台と椅子 1 脚が用意される。また、指示伝達用の道具として A4 サイズのトランプのみを使うことができる。

得点 タイルを置いたマスの合計点をタイルポイント、タイルが囲んだマスの合計点を領域ポイントとし、その合計ポイントで勝敗を決定する。領域ポイントの場合、マスの負の点数は正の値に変更される。各マスには -16 以上 16 以下の点数が割り当てられるが、ここでは、各マスのポイントを 1 点とした場合の得点計算方法についての説明する。

- 中央のマスは完全には囲まれていないため、タイルポイントは 7 点、領域ポイントは 0 点となる (図 3(a)).
- 中央のマスは周囲を囲まれているため、タイルポイントは 8 点、領域ポイントは 1 点となる (図 3(b)).
- タイルが 8 近傍で連結している限り、その内側の領域は囲まれているとみなされる。したがって、以下のようにタイルが置かれている場合も、中央のマスは囲まれているとみなし、タイルポイントは 4 点、領域ポイントは 1 点となる (図 3(c)).

- 中央の4マス分の領域が囲まれているため、タイルポイントは12点、領域ポイントは4点となる。(図3(d))
- 囲まれた領域に障害物が含まれる場合でも、同様にカウントする。したがって、以下のようにタイルが置かれている場合、タイルポイントは12点、領域ポイントは4点となる。(図3(e))

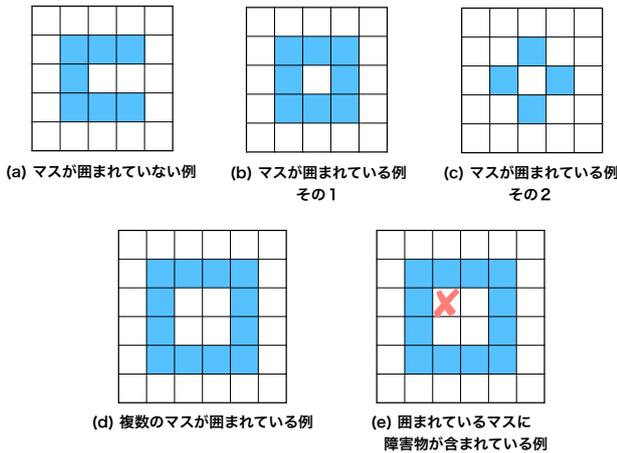


図 3: ポイントの計算方法

QRコード 試合開始前に配布するQRコードについての説明をする。

1. 最初に縦と横のマス目の個数を半角の数字で記入しする。各数字は半角スペースで区切り、最後にこの情報の終了を意味する半角コロン(:)を挿入する。半角コロンの前後に半角スペースは挿入しない。図4の場合、縦8行横11列で、8 11:となる。
2. 第1行の各マスの得点を左から順に半角数字で記入する。それぞれの数字は半角スペースで区切られ、行の最後に半角コロンを挿入する。図4の場合、-2 1 0 1 2 0 2 1 0 1 -2:と表現される。
3. 第2行から最終行の各マスの得点を2.と同様の書式で記入する。
4. 最後に2人のエージェントの初期座標を半角数字で記入する。横と縦の位置は半角スペースで区切り、一人目および二人目の縦の位置の後ろに半角コロンを加える。図4の青チーム(司令塔が左)場合、2 2:7 10:となる。

最終的には、リスト1となり、このQRコードを図5に示す。256×256画素、大きさは約67.7mm×67.7mmである。



図 4: ポイント

リスト 1: 各マスのポイントとエージェントの位置

```

8 11: // 縦と横のマス目の個数
-2 1 0 1 2 0 2 1 0 1 -2: // 各マスのポイント
1 3 2 -2 0 1 0 -2 2 3 1:
1 3 2 1 0 -2 0 1 2 3 1:
2 1 1 2 2 3 2 2 1 1 2:
2 1 1 2 2 3 2 2 1 1 2:
1 3 2 1 0 -2 0 1 2 3 1:
1 3 2 -2 0 1 0 -2 2 3 1:
-2 1 0 1 2 0 2 1 0 1 -2:
2 2:7 10: // エージェントの位置

```



図 5: QRコード

通信手段・使用可能機器 各ターンの作戦ステップに、司令塔はエージェントに指示を送ることができる。エージェントはいかなる電子機器もフィールドに持ち込むことはできない。司令塔は電子機器を自由に持ち込むことができる。ただし、司令塔自身、および司令塔が通信に用いるすべての機器類は司令塔エリアから出ること、また、持ち込んだ電子機器は会場外の機器と通信することはできない。非常に強い光を出したり、非常に大きな音を発するなど、相手チームにとって迷惑行為となるような方法は認められない。以上のルールに反しない範囲で、司令塔は音声、ハンドサイン、ディスプレイへの映像投影など、自由な方法を用いて指示を送ることができる。

試合形式 1対1のフィールドを最大12試合同時に行う。予選はリーグ戦、敗者復活はリンクリーグ戦、決勝はトーナメントで実施する。

試合の進行 試合に先立ち、両チームの司令塔の選手に対して各マス目の点数とエージェントの配置位置を示す QR コードが見えない状態で渡される。エージェントには、配置位置のみが提示される。試合開始に合わせて、司令塔の選手は QR コードを見ることができる。試合はターン制で進行し、1 ターン内に

- 作戦ステップ
- 意思表示ステップ
- 行動ステップ

の3つを行う。作戦ステップでは、エージェントはマスに留まったままで、司令塔の選手がエージェントに指示を送る。次の意思表示ステップでは、現在のマスに接する8方向のマスに移動するか、もしくはマスに置いてあるタイルを取り除くか、あるいは何もしないか、を4人のエージェントが手の動きで同時に意思表示を行う。最後の行動ステップで意思表示の内容を行動に移すが、例えば同じマスに複数のエージェントが移動を意思表示したような場合は無効となる。移動するとそのマスに自チームのタイルを置く。意思表示ステップと次の意思表示ステップの間を1ターンと定義し、試合前に1ターンの時間と試合のターン数が通知される。与えられたターン数に達したら、試合が終了する。

勝敗決定方法 勝敗判定は以下の優先順位で決定する。

- タイルポイントと領域ポイントの合計ポイントが大きい方のチームが勝利する。
- 合計ポイントが等しい場合、タイルポイントが大きい方のチームが勝利する。
- タイルポイントも等しい場合、サイコロで勝敗を決める。

3. コンテストの実施

3.1 大会概要

全国の高専生からパズルの解法を記載した応募書類を提出してもらい、予選審査を通過した60チームが出場した。また、NAPROCK 国際プログラミングコンテストも併催されており、ハノイ国家大学（ベトナム）、モンゴル科学技術大学（モンゴル）、ペトロナス工科大学（マレーシア）、香港 VTC（香港）の学生が出場した。今年度はアスティとくしまの多目的ホールを生かした競技を実施した（図6）。

各チームが、PCと独自のシステムを持参した。フィールド内にいる2名の選手に対し、司令塔にいる選手がPC

でポイント解析し、うちわで移動する方向の合図を出す（図7）。その後、選手はフィールド内を移動した（図8）。準決勝、決勝に進出したチームは、深層学習を利用して、事前にフィールド情報や行動パターンを学習させていたチームが多かった。今後、人工知能が社会全体を支える基盤技術になると予想されるため、この競技を通じ、人工知能についての理解を深まったチームもあった。



図 6: 会場全景



図 7: コンピュータで解析・サインの表示



図 8: フィールドの移動

4. おわりに

第29回大会の高専プロコンでは、陣取りゲームを題材とした競技システムを構築し、プログラミング教材を開発した。

将棋や囲碁などの2チームによるターン制は、ゲーム理論では、二人零和有限確定完全情報ゲームに分類され、近年の人工知能の発展により、コンピュータが人間に勝つ場面がある。深層学習などを利用していたチームも見られ、この競技を通じ、人工知能についての理解を深められたチームも多かった。

また、システム開発をする上で、gitなどのソースコードのバージョン管理システムを利用することが多くなってきている。大会では使用したソースコードの提出も求めているが、今回の大会より、GitHubを利用した提出も認めた。その結果、半数以上のチームが、GitHubを使った提出があった。高専卒業生によって、Proconist.net (<https://Proconist.net/>) が公開され、ソースコードを登録しているチームは、GitHubのURLを登録している。GitHub Educationは、GitHubの学生・教育機関向けの制度であり、教育機関に所属する学生、生徒、職員などの個人と教育機関の各種団体である。この制度を利用すると、通常は有償のプライベートリポジトリが、無料で作成できるようになるため、授業や共同学習のために有益なリポジトリ管理システムとして利用することが可能である [10]。

第29回大会では、競技フィールドを準備し、選手一人一人の審判を依頼することになり、運営のために多くのスタッフが必要となった。課題も多い年であったため、第30回大会の競技内容を検討する際に反省し、よりよい大会にしていきたいと考えている。高専プロコンのシステム開発は1年以上の歳月を要する一方で、今後も高専プロコン競技部門が、高専生にとって、有意義な大会になるように努力していきたい。

謝辞

大会運営のサポートをしていただいた阿南工業高等専門学校学校の学生、および、教職員の皆様に、この場をお借りし、お礼申し上げます。また、競技システムの開発をしていただいた久留米高専OB竹中孝介氏、千北一期氏、宮崎泰輔氏に、この場をお借りし、お礼申し上げます。

参考文献

[1] 寺元貴幸, 長尾和彦, 松野良信, 中道義之, 谷澤俊弘, 山口巧, 今井一雅, 金寺登, 井上恭輔, 山下晃弘, 岡田正, 川田重夫: インターネット対戦型戦略ゲームへの参加による実践的プログラミング, 計算工学講演会論文集 Vol.16, F-6-5, 2011.

[2] 寺元貴幸, 長尾和彦, 松野良信, 中道義之, 小保方幸次, 千田栄幸, 井上泰仁, 片山英昭, 熊谷一生, 奥田遼介, 川田重夫: 画像修復対戦ゲームへの参加による実践的プログラミング教育, 計算工学講演会論文集 Vol.17, H-4-4, 2012.

[3] 寺元貴幸, 長尾和彦, 松野良信, 中道義之, 千田栄幸, 井上泰仁, 尋木信一, 奥田遼介, 鈴木貴樹, 川田重夫: サイコロ数えゲームへの参加による実践的プログラミング教育, 計算工学講演会論文集 Vol.18, C-8-6, 2013.

[4] 寺元貴幸, 森川一, 松野良信, 中道義之, 鈴木貴樹, 奥田遼介, 小保方幸次, 千田栄幸, 井上泰仁, 川田重夫: サイコロ通信ゲームへの参加による実践的プログラミング教育, 計算工学講演会論文集 Vol.19, F-12-5, 2014.

[5] 寺元貴幸, 井上泰仁, 松野良信, 中道義之, 鈴木貴樹, 後藤弘明, 奥田遼介, 千田栄幸, 井上泰仁, 長尾和彦, 川田重夫: 画像修復ゲームへの参加による実践的プログラミング教育, 計算工学講演会論文集 Vol.20, F-12-1, 2015.

[6] 寺元貴幸, 井上泰仁, 小保方幸次, 藤田悠, 伊藤祥一, 奥本隼, 若林哲宇, 猪田陽介, 奥田遼介, 長尾和彦, 川田重夫: ピース敷き詰め型ゲームへの参加による実践的プログラミング教育, 計算工学講演会論文集 Vol.21, E-10-6, 2016.

[7] 寺元貴幸, 小保方幸次, 井上泰仁, 出江幸重, 江崎修央, 田添文博, 奥田遼介, 川田重夫: シルエットパズル型ゲームへの参加による実践的プログラミング教育, 計算工学講演会論文集 Vol.22, D-12-5, 2017.

[8] 寺元貴幸, 小保方幸次, 井上泰仁, 橘理恵, 石原良晃, 出江幸重, 奥田遼介, 川田重夫: シルエットパズル型ゲームIIへの参加による実践的プログラミング教育, 計算工学講演会論文集 Vol.23, F-3-1, 2018.

[9] 寺元貴幸, 黒木祥光, 小保方幸次, 井上泰仁, 太田健吾, 岡本浩行, 奥田遼介, 川田重夫: 陣取り型ゲームへの参加による実践的プログラミング教育, 計算工学講演会論文集 Vol.24, C-12-3, 2019.

[10] 井上泰仁: GitHub Education の紹介と講習会の開催, 舞鶴工業高等専門学校情報科学センター年報, Vol.45, pp.53-54, 2017.