

リアルタイム対戦型陣取りゲーム題材とした プログラミング教材の開発と教育効果

井上 泰仁^{1,a)} 丸田 要² 黒木 祥光³ 松野 良信⁴ 小嶋 徹也⁵ 小保方 幸次⁶ 寺元 貴幸⁷

概要: 全国高等専門学校プログラミングコンテスト (高専プロコン) 競技部門では, 高専生のプログラミングスキルの向上のために, 毎年, 時間, 精度, そして最良解探索などで競うための競技システムの開発に取り組んでいる. 2019 年の高専プロコン競技部門では, 「踊って舞って回って」と題したリアルタイム対戦型陣取りゲームを実施した. 本報告では, 高専プロコンにおける陣取りゲームを題材とした競技システムの開発, 大会の様子, 教育効果について報告する.

Development of Programming Materials and Educational Effects of the Encampment Game

1. はじめに

AI や IoT などのデジタルテクノロジーの進展は目まぐるしく, プログラミングスキルと問題解決能力を兼ね揃えた高専生をエンジニアとして育成することが急務となっている. そのために, 全国高等専門学校プログラミングコンテスト (高専プロコン) が開催されている. これまでに, 29 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. 2019 年 10 月に, 都城市総合文化ホール (宮崎県都城市) にて開催された大会で 30 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 IoT デバイスなども販売されていて, 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, そして最適解探索などで競うため, 著者らは, その競

技システムの開発に取り組んでいる [1-9]. 1994 年 (第 5 回大会) から競技部門が導入され, 計量・計測, 暗号化通信, スライド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 (図 1). また, 昨年 (第 29 回) の競技部門「巡りマス」では, 3 名の選手が, 司令塔役, および, エージェント役を分担し, 与えられているフィールドの得点を解析し, 合図で指示し, 盤面上を移動する陣取り対戦ゲームを行った (図 2). 2019 年 (第 30 回大会) の競技部門では「踊って舞って回って」と題し, 2018 年に実施した「巡りマス」と同じルールを競技システムとして構築し, リアルタイムでかつ, 対戦型の陣取り合戦を行なった. 本報告では, 2019 年の高専プロコン競技部門で構築した競技システムの開発, および, 大会の様子などについて報告する.

2. 競技部門「踊って舞って回って」

2.1 概要

競技部門「踊って舞って回って」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ゲームを実施する (図 3). 学生はプレイヤーとなってフィールド上を移動する複数のエージェントの行動を決定する. 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行動する. プレイヤーは, 決められた時間以内に全てのエージェントの行動をサーバへと送信しなければならない. 一定のターン数が経過し

¹ 舞鶴工業高等専門学校 電気情報工学科

² 都城工業高等専門学校 電気情報工学科

³ 久留米工業高等専門学校 制御情報工学科

⁴ 有明工業高等専門学校 創造工学科

⁵ 東京工業高等専門学校 情報工学科

⁶ 一関工業高等専門学校 未来創造工学科

⁷ 津山工業高等専門学校 総合理工学科

a) yinoue@maizuru-ct.ac.jp

- 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4(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4(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4(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4(d)).

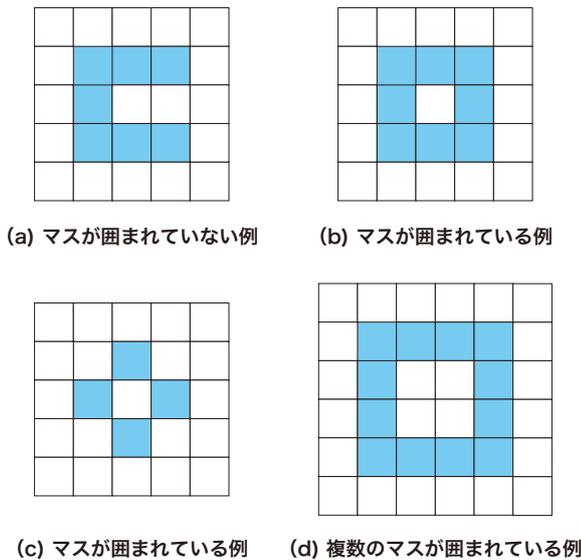


図4 ポイントの計算方法

2.1.4 試合形式

1チーム対1チームの試合を同時に3試合、つまり、チームAがチームB, C, Dと同時に試合をする可能性がある。ファーストステージ、セカンドステージ、ファイナルステージに分かれており、ファーストステージとセカンドステージは3または4チームによるリーグ戦となる。また、ファーストステージで敗退したチームの敗者復活予備戦、敗者復活戦も3または4チームによるリーグ戦で行われ、敗者復活戦のリーグ1位のチームがセカンドステージに進みます。ファイナルステージは、8チームによるトーナメント戦を行う。

2.1.5 回答の送信方法

各ターンの作戦ステップ時に、各チームはエージェントの次ステップの行動を回答システムのサーバーへ送ることができる。競技ブースに用意された有線LANに各チームの受信側PCを接続し、回答システムに用意されているhtml回答フォームに入力、または主催者が提供するソフトウェアを用いて送信する。回答には、httpのPOST形式を利用する。

2.1.6 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。
- 合計ポイントとタイルポイントが等しい場合、トランプなどで勝敗を決めるか引き分けとする。

2.2 競技システムの開発

競技システムの構成を図5に示す。競技サーバでは、主に、選手へのフィールド情報の送信、選手からの回答受信、回答の集計を行っている。また、プロジェクトを介した会場内のスクリーン投影、および、ライブ中継のために、表示用サーバから、図6のような出力を行った。最大で16チーム24対戦が行われており、同時に、他の試合の結果を会場内のスクリーンやライブ配信では見ることができないため、オンデマンド型で結果を配信することを試みた(図7)。このシステムは、コンテナ仮想化を用いてアプリケーションが開発されているので、OSに依存することなく利用することが可能である。

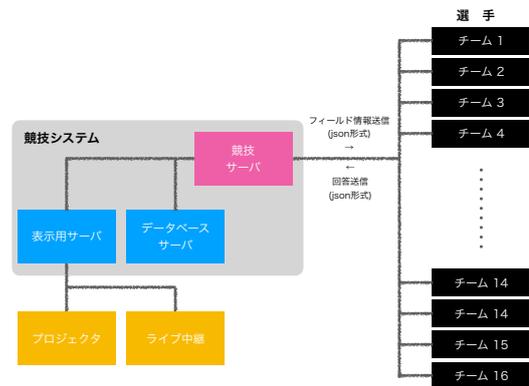


図5 競技システムの構成



図6 対戦結果の表示

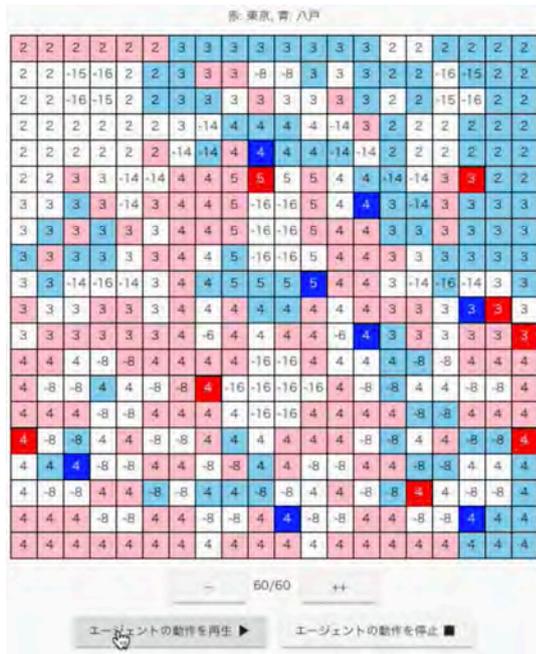


図 7 オンデマンド型での結果配信



図 8 会場全景



図 9 会場全景

3. コンテストの実施

3.1 大会概要

全国の高専生から陣取りゲーム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 チームが出場する予定であったが、台風接近に伴い、4 チームが辞退することになった。また、後述する国際プログラミングコンテストを開催することもあり、本大会では、日本国内チームのみの対戦となった。

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、最適解探索や人工知能についての理解が深まったチームもあった(図 8, 図 9)。高専プロコンではパンフレットを発行しており、そのパンフレットには参加チームがどのように陣取りゲームの解き方について説明している。アルゴリズムや使用したライブラリを集計したところ、モンテカルロ木探索、ビームサーチ、ミニマックス法などの最適解探索を用いているチームが多かった(表 1)。それぞれの探索アルゴリズムによって得られた解を AlphaGo や Deep Q-Network (DQN) などを用いて機械学習を行っている。13 チームについては、機械学習のアルゴリズムやライブラリの名称を記載していた [10, 11]。14 チームについては、パンフレットから使用している探索アルゴリズムが推測できなかったが、独自の探索アルゴリズムを開発していると推測される。多くのチームは、学生間で議論をしながら、問題設定、設計、実装、試用を行っている。競技部門でも、学生のアイデアと発想力は必要であり、前年度の大会の状況を解

表 1 使用したアルゴリズムの名称とチーム数

アルゴリズムの名称	2018 年 (65 チーム)	2019 年 (60 チーム)
モンテカルロ木探索	10	15
ビームサーチ	6	11
α β 法	3	3
ミニマックス法	6	3
その他 (AlphaGO, DQN など)	16	13
独自開発 (アルゴリズム不明も含む)	24	14

析し、探索アルゴリズムを変更しているチームも見受けられる。

3.2 国際プログラミングコンテスト

2019 年 12 月には、ベトナム・ダナン工業大学にて、情報オリンピックベトナム予選が開催された。それに併せて、国際プログラミングコンテストベトナム予選が開催された(図 10, 図 11)。この予選にて、上位に入賞したチームは、2020 年 3 月に開催される予定の NAPROCK が主催する国際プログラミングコンテストに出場することになっていた。また、マレーシア、香港、モンゴルでは、ベトナム予選と同様に、予選が行われた。しかしながら、ベトナム、マレーシア、タイ、モンゴル、香港、日本から選抜されたチームが出場する国際プログラミングコンテストを開催する予定であり、海外のプログラマーが参加する機会となる予定であったが、新型コロナウイルスの流行に伴い、残念ながら、国

際プログラミングコンテストの書類選考のみが行われた。



図 10 情報オリンピックベトナム予選の開会式



図 11 国際プログラミングコンテストベトナム予選

4. おわりに

2019年の高専プロコン競技部門では、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。競技部門の参加した学生にとっては、深層学習を利用していたチームも見られ、この競技を通じ、探索方法や人工知能についての理解を深められた学生も多かった。

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都城工業高等専門学校（高専）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、沖縄高専 OB 與那城有氏に、この場をお借りし、お礼を申し上げます。また、クラウドサービスをご提供していただいたさくらインターネット株式会社のエンジニアの皆様、ライブ配信のご協力をいただいたヤフー株式会社のエンジニアの皆様にも感謝いたします。

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, 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, 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, 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, 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, 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, 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, 田添丈博, 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, 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, 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, 24, C-12-3, (2019).
- [10] Silver, D., Schrittwieser, J., Simonyan, K. et al.: Mastering the game of Go without human knowledge, *Nature*, 550, 354–359 (2017)
- [11] Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D. et al.: Playing Atari with Deep Reinforcement Learning, *NIPS Deep Learning Workshop 2013*, 1-9, (2013).