

対戦型陣取りゲームへの参加による 実践的プログラミング教育

Programming Education by the Competition of like Go Game

寺元貴幸¹⁾, 黒木祥光²⁾, 小保方幸次³⁾, 井上泰仁⁴⁾,
奥田遼介, 波多浩昭⁵⁾, 川本真一⁶⁾, 重本昌也⁷⁾

Takayuki Teramoto, Yoshimitsu Kuroki, Koji Obokata, Yasuhito Inoue,
Ryousuke Okuda, Hiroaki Hata, Shinichi Kawamoto, and Masaya Shigemoto

- 1) 博(工) 津山高専 総合理工学科 教授(〒708-8509 津山市沼624-1, E-mail: teramoto@tsuyama-ct.ac.jp)
- 2) 博(工) 久留米高専 制御情報工学科 教授(〒830-8555 久留米市小森野1-1-1, E-mail: kuroki@kurume-nct.ac.jp)
- 3) 博(工) 一関高専 未来創造工学科 教授(〒021-8511 一関市萩荘字高梨, E-mail: obokata@ichinoseki.ac.jp)
- 4) 博(工) 舞鶴高専 電気情報工学科 准教授(〒625-8511 京都府舞鶴市宇白屋234, E-mail: yinoue@maizuru-ct.ac.jp)
- 5) 博(工) 福井高専 電子情報工学科 教授(〒916-8507 福井県鯖江市下司町, E-mail: hata@fukui-nct.ac.jp)
- 6) 博(工) 群馬高専 電子情報工学科 准教授(〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580, E-mail: kawamoto@gunma-ct.ac.jp)
- 7) 修(工) 大島商船 情報工学科 准教授(〒742-2193 山口県大島郡周防大島町大字小松1091番地1, E-mail: shigemoto.masaya@oshima-k.ac.jp)

The 34th programming contest will be held on October 14 - 15, in Echizen city. We give this paper about a system construction and use of the competition section of the 34th programming contest. At this year's NAPROCK programming contest, we would like to conduct the game we could not do in the 31st competition, which is a territorial game fought by two teams. We have removed the points per tile to make the game simpler. The key will be to coordinate the Craftsmen in efficient moving them to acquire the land. Each team starts the game by placing the Craftsmen on the board beforehand, so the strategies in the initial positioning will also be crucial. Echizen, the host city of the contest, was the home to many famous feudal lords during the Civil War era (17th century).

Key Words : *Programming Contest, Algorithm, Territorial Acquisition*

1. はじめに

高専プログラミングコンテスも2023年で34回目となった。コロナ禍の影響により31回大会は競技部門が中止となり、32回大会は3部門ともにオンライン形式での開催となった。33回大会は対面形式に戻されたが、入場者を制限するなどの感染防止対策が実施されての開催であった。34回大会(2023年)は4年ぶりに参加制限の無い対面形式で開催することができた。

今年の競技部門では、コロナ禍で募集要項までは作成したが、大会そのものが中止となった第31回大会(苫小牧大会)で計画されていた競技ルールを少し改良して再現することとした。競技内容は、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となる。チームは3名のメンバーで構成され、コンピュータ(最大3台)を使用して架空のエージェント(2~6体)を操作してフィールド上を移動する。このエージェントを職人と呼ぶ。試合は先手・後手のターン制で進行し、先手・後手を入れ替えた2回の対戦で勝敗を決める。各チームは決められた時間以内に最大6人の職人へ指示を伝えなければならない。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のステップの行動を回答システムのサーバへコマンドを送ることで命令を伝える。コマンドは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するか、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。

今回は競技ルールを公開するだけにとどまった苫小牧大会と基本的なルールは同じであるが、多少時代の変化を考慮して、ルールの一部や運営方式を変更した。大きな変化は先手・後手に分けての対戦となり、エージェントの移動での衝突が発生しないルールとなった。本稿では、競技の概要の実際の大会の様子について報告する。

2. 競技概要と競技ルール

2. 1 競技フィールドとエージェントの移動

34回大会の競技部門では、31回大会で実施できなかった複数のエージェントを制御して効率的にマスを取り合う2チーム対戦型の陣取りゲームを実施する。マスのポイント制(マス目により負荷されるポイント異なる)をなく

し、取得マス数を競うよりシンプルなゲームとした。その代わり新たに高得点のチャンスとなる『城』を要素に加え、城を囲むことでより高いポイントが得られるようにした。まずこの競技の用語から説明する。

競技フィールド

- 競技フィールドは縦、横に分割された矩形の領域で構成され、競技フィールド全体も矩形である。分割数は縦、横ともに最大で25領域、最小で11領域とし、縦と横の分割数が同じとは限らない。領域数は試合によって変わることがある。
- 競技フィールドには各陣営の職人が初期配置される。職人の人数はフィールドごとに異なり、1チームの職人の数は最大で6人、最小で2人とする。
- いくつかの領域には、城と池があらかじめ配置される。城を陣地にすると高得点が得られ、池は職人が移動することができない。どちらも配置されていない領域を平地とする。
- 池、城、職人の初期配置に对称性があるとは限らない。
- 本大会では競技フィールドを事前(大会以前)に公開する。公開した競技フィールドの中から本選を行った。
- 各領域には、ゲームの進行によって中立、陣地、城壁の3種類のいずれかの属性が付与される。陣地、城壁にはチーム属性があるのでそれを区別すると6種類となる。なお、初期状態ではすべての領域が中立である。

エージェント(職人)の移動(行動)

各職人は1ターンに以下のいずれか1つの行動を行える。

- (1) 滞在：何もせず、現在いる領域に留まる。
- (2) 移動：周囲8方向（上・下・左・右・左上・右上・左下・右下）のいずれかに移動可能。ただし、池と相手チームの城壁の領域には移動不可とする。また、同じ領域に複数の職人が入ることはできず、前のターンで職人がいた領域にも移動出来ない。また同時に複数の職人が同じ領域に移動を指定していた場合はそのすべての職人が移動できない。移動できない領域に移動を指定した場合の行動は滞在となる。
- (3) 建築：周囲4方向（上・下・左・右）のいずれかに隣接する領域に城壁を築くことができる。ただし、城や相手の城壁、相手の職人がいる領域に建築することはできないが、建築を指定した場合の行動は滞在となる。
- (4) 解体：周囲4方向（上・下・左・右）のいずれかに隣接する領域の自陣営および相手陣営の城壁を取り除くことができ、解体されるとその領域は中立もしくは陣地となる。どのような条件で中立か陣地になるのかは後述する。城壁のない領域に解体を指定した場合の行動は滞在となる。

2. 2 城壁と城郭、陣地

城壁は図1や図2のように周囲8方向（上・下・左・右・左上・右上・左下・右下）のいずれかに並べるとつなげる

ことができ、城壁を環状につなげたものを城郭と呼ぶ。城郭は城壁のみでつながらなければならず、競技フィールドの外周を含むことはできない。

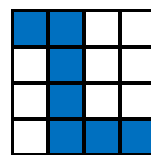


図1 競技フィールドの城壁の概要

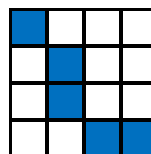


図2 斜めでつながった城壁

自陣営の城郭ではない領域は自陣営の陣地となることがある。特に、城郭に囲まれている陣地を閉鎖された陣地と呼び、図3のように自陣営の城郭内に城や池の領域や相手陣営の城壁があってもその領域は自陣営の陣地となる。しかし、図4のように自陣営の城壁がある領域は陣地にはならない。

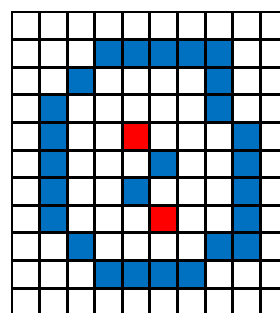


図3 城壁による城郭の形成

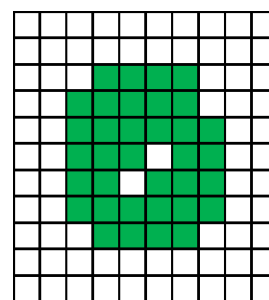


図4 上記自陣営の陣地

領域は同時に両陣営の陣地となることがある。図5のように、城郭の中に相手陣営の城郭がある場合は、図6、7のようにそれぞれの城郭の内側がそれぞれの陣営の陣地となる。

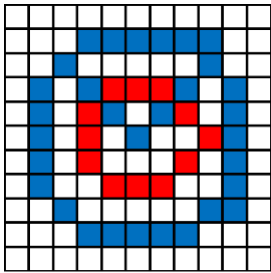


図5 城郭の中の城郭

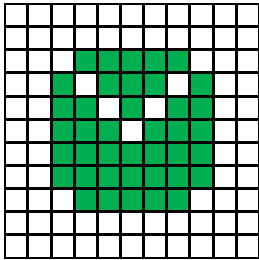


図6 青陣営の陣地

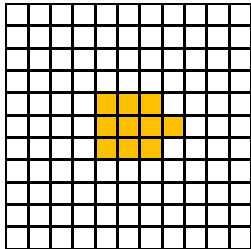


図7 赤陣営の陣地

2. 3 各得点 (ポイント)

城壁数, 陣地数, 陣地上の城の数にそれぞれ城壁係数, 陣地係数, 城係数を掛けたものを城壁ポイント, 陣地ポイント, 城ポイントとする. 図5のようなときは城のある領域がどちらの陣地にもなっている, どちらの陣営にも城ポイントが付与される. 各係数は1以上100以下の整数とする.

3. 試合の組み合わせ

3. 1 ファーストステージ

試合は初日(10月14日)にファーストステージが行われた. ファーストステージは全チームを4チームずつの15ブロックに分割する (図8). 各ブロックで第1試合としてa対b, およびc対dの試合を行う. その後第2試合として第1試合の勝者同士・敗者同士の試合を行い1位~4位を決める. 各ブロックの1位はファイナルステージに進み, 2位3位はセカンドステージに4位は敗者復活戦に進む.

ブロック	チーム	ブロック	チーム	ブロック	チーム	ブロック	チーム
1-A	a 香蓮(凡)	1-B	b 熊本(八住)	1-C	c 石川	1-D	d モンゴル(高野)
1-E	a 仙台(広瀬)	1-F	b 東京	1-G	c 仙台(名取)	1-H	d 八戸
1-I	a 高知	1-J	b 徳島	1-K	c 岡山	1-L	d サングオ
1-M	a 徳島(松本)	1-N	b 佐世保	1-O	c 香川(保岡)		

図8 ファーストステージ組み合わせ

3. 2 セカンドステージ

セカンドステージは2チームずつの15ブロックに再配置し, 1試合を行い, 勝者はファイナルステージ, 敗者は敗者復活戦に進む.

ブロック	チーム	ブロック	チーム	ブロック	チーム	ブロック	チーム
2-A	a 1-A-2	2-B	b 1-B-3	2-C	a 1-C-2	2-D	b 1-D-3
2-E	a 1-E-2	2-F	b 1-F-3	2-G	a 1-G-2	2-H	b 1-H-3
2-I	a 1-I-2	2-J	b 1-J-3	2-K	a 1-K-2	2-L	b 1-L-3
2-M	a 1-M-2	2-N	b 1-N-3	2-O	a 1-O-2		

図9 セカンドステージ組み合わせ

3. 3 敗者復活戦

敗者復活戦は主催者が用意した戦略AIと対戦を行い以下のルールで順位を決定し上位2チームがファイナルステージに進出する予定であった. 以下にその場合の順位づけルールを示す.

- (1)すべてのポイントの合計の差が大きいチームが上位とする
- (2)合計ポイントの差が等しい場合, 城ポイントの差が大きいチームが上位とする
- (3)合計ポイントと城ポイントの差が等しい場合, 陣地ポイントの差が大きい方のチームが上位とする
- (4)すべてのポイントの差が等しい場合, 合計ポイントが大きいほうのチームが上位とする
- (5)すべてのポイントの差と合計ポイントが等しい場合, 城ポイントが大きいほうのチームが上位とする
- (6)すべてのポイントの差と合計ポイントと城ポイントが等しい場合, 陣地ポイントが大きいほうのチームが上位とする
- (7)すべてのポイントの差とすべてのポイントが等しい場合, 主催者が指定する方法で上位とする

実際の大会では主催者側が用意した戦略AIの動作が不安定となり, 対戦中に停止するAIがいくつかあらわれた. この場合, AIが正常に動作しているチームと止まっているチームでは明らかに有利・不利が発生してしまう. AIの不具合の原因がすぐに解明できなかった (後に解明できた) ため, 全ての対戦のAIを動作させず, 同様の条件で再試合を行った.

3. 4 ファイナルステージ

ファイナルステージは図10に示すトーナメント戦を行い, 最終的に優勝・準優勝, 3位, 4位を決定した.

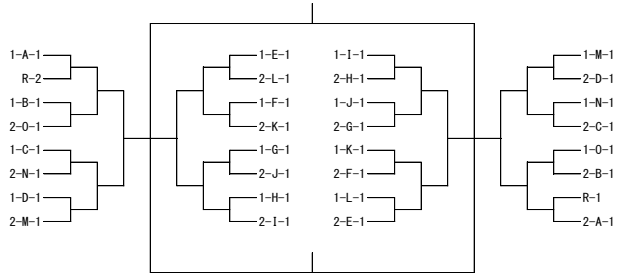


図10 ファイナルステージの組み合わせ

4. 対戦結果

今回の34回大会では開催できなかった31回大会のリベンジを兼ねており、ルールもほとんど同じとなった。また相手チームとの相互作用があるので、純粋に、自分たちのアルゴリズムの性能だけで勝敗が決まるわけではなく、臨機応変な対応が期待されるルールとなっている。さらに、AI技術を積極的に利用してもらうことを前提に、競技フィールドを事前に公開するなど、大会前に戦略の学習を進めることが可能な環境を整えた。

現代のAI技術は、まだ大量の学習データが必要であり、今回の参加チームではそのような学習を実施してきたチームは少なかった。またAIを含むソフトウェアと人間の能力を比較したとき、条件によっては人間の方が優れていることもある。フィールド全体を観察して職人の動きを決めるや、状況を判断して職人の動作の優先順位を決める作業は、まだまだ人間の方が優れている可能性もある。

本大会においても、人間が一切関与せずソフトウェア（アルゴリズム）だけで勝ち上がるチームは少なく、海外チームの1チームだけがこの戦法を選択した。国内チームの多くはAIだけでなく、試合中に人間が介入するユーザインターフェースを含めたチームが最終的に優秀な成績を収めた。

ただし、全ての動作を人間が指示することはできないので、その部分においては基本的にアルゴリズムの勝負であった。やはり分析アルゴリズムを周到に準備したチームが勝利することとなったといえる。試合結果の詳細は高専プロコンのWebページに掲載されているので参考にして欲しい。

5. まとめ

前回第33回プロコンはコロナ禍の真ただ中に開催されたこともあり、会場へ入ることができる人数を制限するなど、いくつか制約のある開催となった。また海外チームは国内に入ることができなかったために、ネットワークでの参加となり、国内大会とは別のシステムを使うこととなった。今回の34回大会は新型コロナが5類に分類され、海外からの渡航もほとんど問題がなくなった状況での開催であり、コロナ禍前の開催形式に戻すことができた。

実際の対戦では、逆転を繰り返す白熱した展開が多く、非常に盛り上がりを見せた。そのようなすは動画公開サイトにも掲載されているので是非視聴していただきたい。

参考文献

- [1] 寺元貴幸, 高橋原野, 岡田正, 川田重夫: ネットワーク分散型教育用PSEシステムにおけるデータベース設計に関する考察, 計算工学講演会論文集Vol.12, pp703-706, 2007.
- [2] 寺元貴幸, 青山亮太, 岡田正, 川田重夫: プログラミ

ング教育における習熟別アドバイスメッセージの自動生成に関する考察, 計算工学講演会論文集Vol.13, pp965-968, 2008.

- [3] 寺元貴幸, 青山亮太, 岡田正, 川田重夫: プログラミング教育における習熟別アドバイスメッセージの自動生成に関する考察, 計算工学講演会論文集Vol.14, pp. 431-432, 2009.
- [4] 寺元貴幸, 大西淳, 岡田正, 川田重夫: プログラミング教育におけるアルゴリズム可視化とアドバイスシステムに関する考察Ⅱ, 計算工学講演会論文集Vol.15, pp.1039-1040, 2010.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 寺元貴幸, 小保方幸次, 井上泰仁, 橋理恵, 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-03-5, 2018.
- [13] 寺元貴幸, 小保方幸次, 井上泰仁, 太田健吾, 岡本浩行,

出江幸重, 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-12-03, 2019.

[14] 寺元貴幸, 黒木祥光, 小保方幸次, 井上泰仁, 丸田要, 臼井昇太, 奥田遼介, 川田重夫: 陣取り型ゲーム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.25, F-09-01, 2020.

[15] 寺元貴幸, 黒木祥光, 小保方幸次, 井上泰仁, 奥田遼介, 川田重夫: 陣取り型ゲームⅢ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.26, D-09-01, 2021.

[16] 寺元貴幸, 黒木祥光, 小保方幸次, 井上泰仁, 奥田遼介, 川田重夫: 画像復元パズル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.27, D-06-03, 2022.

[17] 寺元貴幸, 黒木祥光, 小保方幸次, 井上泰仁, 奥田遼介, 大埴聡, 川本真一, 布施川秀紀: 上毛かるた取り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.28 D-04-01, 2023.