

画像復元型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 Image Restoration Type Game

寺元貴幸¹⁾, 松野 良信²⁾, 小嶋 徹也³⁾, 黒木祥光⁴⁾, 小保方幸次⁵⁾,
井上泰仁⁶⁾, 岩田 大志⁷⁾, 川本真一⁸⁾, 重本昌也⁹⁾

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) 修(工) 有明高専 創造工学科 教授(〒836-8585 大牟田市東萩尾町150, E-mail: yoshi@ariake-nct.ac.jp)
- 3) 博(工) 東京高専 情報工学科 教授(〒193-0997 八王子市柄田町1220-2, E-mail: kojt@tokyo-ct.ac.jp)
- 4) 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)
- 5) 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)
- 6) 博(工) 舞鶴高専 電気情報工学科 准教授(〒625-8511 京都府舞鶴市字白屋234, E-mail: yinoue@maizuru-ct.ac.jp)
- 7) 博(工) 奈良高専 情報工学科 教授(〒639-1080 奈良県大和郡山市矢田町22, E-mail: iwata@info.nara-k.ac.jp)
- 8) 博(工) 群馬高専 電子情報工学科(〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580, E-mail: kawamoto@gunma-ct.ac.jp)
- 9) 博(工) 大島商船高専 情報工学科 講師(〒742-2193 山口県大島郡周防大島町大字小松1091, E-mail: shigemoto.masaya@oshima-k.ac.jp)

The 35th programming contest was held on October 19 - 20, in Nara city. We give this paper about a system construction and use of the competition section of the 35th programming contest. At this year's NAPROCK programming contest, we would like to conduct the theme of the 22nd Maizuru Congress, held in Kyoto Prefecture, which is also a treasure trove of World Heritage sites, was changed to the new theme of "Shin Revive World Heritage". In the competition, a board consisting of several pieces (the cultural property before restoration) and several die-cutters (restoration tools) are prepared at the beginning. When the die is applied to the board, the pieces that match the die are removed, and the missing pieces are filled in from either the top, bottom, left or right direction. The die is successfully applied and the board is made into the final board (the restored cultural property). The team that "restores" the pre-restored cultural asset to the post-restored cultural asset as quickly as possible in the fewest number of moves wins the competition.

Key Words : Programming Contest, Image Restoration, Programming Education

1. はじめに

高校生年齢から一流のプログラマーを育成[1]~[4]する目的にプログラミングコンテスト(高専プロコン)が企画され, 10月に奈良市で35回大会が開催された. 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回大会は三部門ともにオンライン形式での開催となった. 昨年度は4年ぶりに参加制限の無い対面形式で開催され, 今年度では従来の開催環境に完全に戻って開催された.

今年の競技部門では, 京都府(舞鶴市)で開催された第22回舞鶴大会の競技テーマ「よみがえれ世界遺産」から装いを新たにした「シン・よみがえれ世界遺産」として開催した. 競技内容は, はじめに複数のピースから構成されるボード(修復前の文化財)と, 複数の抜き型(修復道具)が用意され, 抜き型をボードに適用すると抜き型と一致したピースが抜け, 抜けたピースを上下左右いずれかの方向から詰めて補う. できるだけうまく抜き型を適用して, ボードを最終盤面(修復後の文化財)に復元する. で

きるだけ少ない手数かつ早く修復前の文化財を修復後の文化財に「修復」したチームが勝利する競技となっている. 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)を使用してサーバから問題をダウンロードし, 回答をアップロードする. 通信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・GET形式を利用する.

高専プロコンの競技部門は毎年テーマが変更されルールだけでなく競技システム全てを刷新している[5]~[18]. 最近は過去の大会を改良したテーマを使うことが続いている, 準備の負担軽減となっている. 現在は競技に関するルールや運用方針の概要を全国プログラミングコンテスト委員会がとりまとめ, 実際の競技システムの開発や運用は主管校が主体となって開発を行ってきた. このスタイルは開催地の独自性を生かしたシステム開発が可能な

こと、大会前に十分な調整時間をとることができるというメリットがある。反面、開発や運用のノウハウが継承されないため、開催地に過度の負担を強いることになっている。

今回は舞鶴大会の時の競技内容と基本的な構成は踏襲している。このため競技システムに求められる問題の提出・解答の受け取り・成績の計算等は同様のシステムが再利用可能できると考えられる。ただし、競技結果を可視化する部分においては以前のシステムの再利用が困難であり、その大部分を作り替える必要があった。本稿では、競技の概要および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 ボードと型抜き

今年の競技部門では、第22回大会で実施した画像復元型の競技である。概要は同じであるが、ピースの動かし方がかなり異なっており、前回のプログラムを使っても参加者は全く解くことはできない。概要としては、はじめに複数のピースから構成されるボード（修復前の文化財）と、複数の抜き型（修復道具）が与えられる。抜き型をボードに適用すると抜き型と一致したピースが抜け、抜けたピースを上下左右いずれかの方向から詰めて補う。うまく抜き型を適用して、ボードを最終盤面（修復後の文化財）に近づけていき、最終的に一致するまで行う。まずこの競技の用語から説明する。

ボードと抜き型

- ・ ボードの構成要素をピースと呼び、ピースを矩形に並べてボードを構成する。
- ・ ボードサイズ（ピースの数）は縦、横、それぞれ最大で256個、最小で32個であり縦と横の構成数は同じとは限らない。
- ・ ピースには0から3までの整数値が割り振られ、画像の濃淡と対応する。
- ・ 0から3までの各値はいずれも全体のピースの10%以上に割り振られる。
- ・ 抜き型の構成要素をセルと呼び、セルを矩形に並べて抜き型を構成する。抜き型のサイズ（セル数）は縦、横、それぞれ最大で256個、最小で1個、縦と横の構成数は同じとは限らない。抜き型のサイズは抜き型によって異なる。
- ・ セルには0または1の値が割り振られる。すべてのセルの値が0の抜き型はないが、0と1の割合に制約はない。
- ・ ボードと抜き型、座標系の例を図1に示す。なお、ボードサイズは32x32が最小だが、説明のため、それより小さいボードで示しています。

型抜き

- ・ ボードのある領域に対して抜き型を適用することを「型抜き」といい、1回の型抜きを「手数」としてカウントする。

- ・ 同じ抜き型を複数回型抜きすることができる。

0	1	2	3	4	5	6
0	1	0	1	1	2	2
1	2	3	1	1	0	0
2	3	0	2	1	1	1
3	3	0	0	2	2	3
4	2	2	3	2	0	2
5	3	3	1	0	3	2
6	0	1	0	0	0	2

ボード

0	1	2
0	0	1
1	1	0
2	1	1

抜き型

0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
0,1	1,1	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1
0,2	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2
0,3	1,3	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3
0,4	1,4	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4
0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5

ボード・抜き型の座標系

図1 ボードと抜き型例

- ・ 型抜きではボードに対して以下の操作を順に行う。

- 抜き型の1の値のセルに対応するボードのピースをボードから抜く
- ボードに残ったピースを指定方向に寄せる
- 空いたスペースに①で抜いたピースを元の並びで戻す

- ・ 型抜きはボードの任意の位置に対して適用可能で、抜き型の一部がボードに重なっていればボードからはみ出して型抜きすることも可能である。

- ・ はみ出した部分の抜き型は型抜きになにも作用しない。

- ・ 型抜き位置は抜き型の左上セルを適用するボードの座標で表す。ボードから上や左にはみ出すためボード外の位置を指定しなければならないときは、マイナスの座標で表す。

- ・ 移動方向は上下左右のいずれかを指定できる。

- ・ 型抜きの例を図2, 3に示す。これは、元ボードに図1の抜き型を(1, 2)に適用し、左方向と右方向に寄せた例となる。

0	1	2	3	4	5	6
0	1	0	1	1	2	2
1	2	3	1	1	0	0
2	3	0	2	1	1	1
3	3	0	0	2	2	3
4	2	2	3	2	0	2
5	3	3	1	0	3	2

元ボードと型抜き位置

図2 型抜き例 (1)

0	1	2	3	4	5	6
0	1	0	1	1	2	2
1	2	3	1	1	0	0
2	2	3	0	1	1	1
3	0	2	3	0	2	3
4	2	3	2	0	2	2
5	3	3	1	0	3	2

左寄せ型抜き

右寄せ型抜き

図3 型抜き例 (2)

0	1	2	3	4	5	6
0	1	0	1	1	2	2
1	2	3	1	1	0	0
2	2	3	0	1	1	1
3	0	2	3	0	2	3
4	2	3	2	0	2	2
5	3	3	1	0	3	2

2. 2 問題

今年の競技部門では、第22回大会で実施した画像復元型の競技である。1つの問題はボードの初期状態、最終状態と複数の抜き型で構成される。初期状態と最終状態で同じ値を振られたピースの数は同数である。

抜き型には、図4のような次の3タイプで各々縦、横のサイズが1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256の9種類、計25個の抜き型（サイズ1の3タイプは同型のため）が必ず含まれる。これらの抜き型を「定型抜き型」と呼ぶ。

I : すべてのセルが1

II : 偶数行のセルが1で、奇数行のセルが0

III : 偶数列のセルが1で、奇数列のセルが0

タイプI				タイプII				タイプIII			
0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0
2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	0
3	1	1	1	1	3	0	0	0	3	1	0

図4 定型抜き型の例（サイズ4）

抜き型には番号を付け、定型抜き型、一般抜き型の順で0番から通し番号とする。つまり、一般抜き型は25番から始まることになる。定型抜き型の番号はサイズ1が0番、サイズ2のタイプI、タイプII、タイプIIIがそれぞれ1番、2番、3番とサイズの小さいものから順に番号付けし、サイズ256のタイプI、タイプII、タイプIIIがそれぞれ22番、23番、24番となる

2	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0
2	1	3	0	3	3	1	1	1	2	2	2
0	2	2	1	0	3	2	2	2	2	3	3
3	2	2	0	3	3	3	3	3	3	3	3

初期状態				最終状態			
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0	1

図5 問題例

3. 試合の進行と順位決定方法等

試合の進行方法と、順位の決定は以下の様に行う。

試合の進行

(1) 1試合は複数チームで同時に進行。組み合わせによ

って対戦チーム数が異なる。

- (2) 各試合の対戦チーム数は本選実施要項にて連絡する。
- (3) 1試合は1問で行う。
- (4) 試合ごとに制限時間を定める。制限時間は5分程度の予定である。
- (5) 問題によってボードのサイズや抜き型の数・サイズが同じとは限らない。
- (6) ボードのサイズ、抜き型の数・サイズは、試合開始前に連絡する。
- (7) 試合開始とともにネットワーク経由で問題が提供される。
- (8) 各チームは制限時間内に問題を解き、回答をネットワーク経由で提出する。
- (9) 各チームから送られた回答がサーバで受理されると、正常に受理したか無効（フォーマットエラー）かの情報が得られる。
- (10) 制限時間内であれば、再提出が可能だが、試合の進行を妨げるほどの回数や容量を送信すると妨害行為とみなし失格となる可能性がある。
- (11) 最後に受理された回答が有効となる。

勝敗判定

一致度、手数、回答時間により、以下の優先順位で勝敗を決定する。

- (1) 最終状態との不一致ピースが少ないチームが勝利となる。
- (2) 手数が少ないチームが勝利となる。
- (3) 最終回答時間が早いチームが勝利となる。
- (4) サイコロなどで勝敗を決めるか引き分けとする。

4. 試合結果

試合は初日に予行演習と1回戦が行われ、全チームを9チームずつの7ブロックに分割する。各ブロックで第1試合として上位4チームが準決勝に進み、負けたチームは2日目の敗者復活戦となる。

2日目は敗者復活戦（上位1チームが準決勝）を行い、その後準決勝4試合（上位2チームが決勝進出）、そして決勝戦が行われる。対戦の結果を表1に示す。

表1 対戦結果

1回戦											
ブース	第1試合	順位	ブース	第2試合	順位	ブース	第3試合	順位	ブース	第4試合	順位
1	宇都	1	1	東京	2	1	サレジオ	3	1	都立(品川)	3
2	舞鶴	4	2	奈良	7	2	沖縄	7	2	茨小牧	4
3	長野	8	3	都城	9	3	仙台(名取)	9	3	富山(本郷)	9
4	熊本(八代)	2	4	富山(射水)	5	4	小山	6	4	神山	2
5	広島商船	5	5	松江	1	5	福島	2	5	神戸市立	1
6	新居浜	7	6	香川(詫間)	3	6	佐世保	1	6	大分	6
7	糸子	3	7	長岡	8	7	鹿児島	8	7	大阪公大	7
8	福井	6	8	香川(高松)	4	8	木更津	4	8	近畿大	5
9	函館	9	9	具	6	9	新モンゴル高專	5	9	モンゴルコーセン	8
ブース 第5試合 順位											
1	群馬	2	1	阿南	7	1	熊本(熊本)	4			
2	鶴路	8	2	津山	2	2	岡山	2			
3	岐阜	3	3	弓削商船	4	3	鈴鹿	9			
4	高知	9	4	都立(荒川)	6	4	和歌山	7			
5	徳山	1	5	有明	3	5	久留米	5			
6	大島商船	6	6	豊田	1	6	沼津	6			
7	島羽商船	4	7	石川	8	7	八戸	1			
8	仙台(広瀬)	7	8	秋田	5	8	鹿児島	8			
9	香港	5	9	タイ高專	9	9	ハイ	3			
ブース 第6試合 順位											
1	阿南	7	1	熊本(熊本)	4						
2	津山	2	2	鈴鹿	9						
3	弓削商船	4	3	和歌山	7						
4	都立(荒川)	6	4	久留米	5						
5	有明	3	5	沼津	6						
6	豊田	1	6	八戸	1						
7	石川	8	7	鹿児島	8						
8	秋田	5	8	ハイ	3						
9	タイ高專	9	9	ハイ	3						
ブース 第7試合 順位											

敗者復活											
ブース	第1試合	順位	ブース	第2試合	順位	ブース	第3試合	順位	ブース	第4試合	順位
1	広島商船	1	1	富山(射水)	4	1	新モンドル高専	4	1	近畿大	1
2	香港	2	2	秋田	3	2	久留米	2	2	福井	5
3	県	3	3	小山	5	3	大分	5	3	大島商船	2
4	都立(荒川)	4	4	沼津	1	4	新潟	6	4	奈良	3
5	沖縄	5	5	大阪公大	7	5	仙台(広瀬)	1	5	阿南	4
6	和歌山	6	6	長野	2	6	長岡	7	6	鹿児島	7
7	モンゴルセセン	8	7	鉄道	6	7	石川	8	7	旭川	6
8	函館	5	8	都城	8	8	仙台(名取)	9	8	富山(本郷)	8
9	高知	6	9	タイ高専	8	9	鈴鹿	3	9		

準決勝											
ブース	第1試合	順位	ブース	第2試合	順位	ブース	第3試合	順位	ブース	第4試合	順位
1	宇部	2	1	松江	1	1	佐世保	5	1	神戸市立	4
2	徳山	1	2	豊田	2	2	八戸	9	2	熊本(八代)	2
3	東京	5	3	福島	5	3	神山	3	3	群馬	1
4	津山	4	4	一高	4	4	米子	7	4	香川(鈴間)	9
5	サンジョ	9	5	都立(荒川)	7	5	岐阜	2	5	有明	3
6	群馬	3	6	鳥取商船	9	6	香川(高松)	6	6	木下早	8
7	苦小牧	8	7	沼津	7	7	弓削商船	4	7	熊本(熊本)	6
8	広島商船	6	8	仙台(広瀬)	6	8	仙台(名取)	1	8	近畿大	5
9	大島商船	7	9	久留米	3	9	長野	8	9	香港	6

試合は、一般抜き型を有効に活用し、かつ画像を一旦わざとランダムは配置にしたチームが優勝することとなった。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

前回の34回大会は新型コロナが五類に分類され、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。

今回の35回大会では運用方法や協賛企業の参加などにも制限が全くなく平常時の開催となる予定である。また相手チームとの相互作用がなく、純粹に、自分たちのアルゴリズムの性能だけで勝敗が決まる競技のため、プログラミングの能力がそのまま順位に現れることとなる。近年は、AI技術を積極的に利用するチームが増えてきているが、今回の競技ではAIを使うチームはほとんどいなかった。今回の問題は地道に解けば解にたどり着くことはそれほど困難ではないが、その手数をいかに削減することができるかどうかがポイントであり各チームいろいろな工夫が見られた。

実際の対戦では、最初から徐々に画像が完成するチームや最後に突然画像が現れるチームがいるなど非常に盛り上がりを見せた。そのよう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マ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マ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マッチングに関する考察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 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, 大墳聰, 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.
- [18] 寺元貴幸, 黒木祥光, 小保方幸次, 井上泰仁, 奥田遼介, 波多浩昭, 川本真一, 重本昌也: 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, 計算工学講演会論文集Vol.29 C-04-01, 2024.