

共同学習を促進する情報教育システム「あるごありーな」

井出有紀子 加藤浩
akiko@joke.ci.nec.co.jp
NEC 情報メディア研究所
〒216 川崎市宮前区宮崎4-1-1

あるごありーなは初めてプログラミングを学ぶ中学生以上の生徒を対象とした情報教育システムである。本システムは、ゲームという状況設定を利用して、学習者のコミュニティを組織し、それに参加することで学習を行わせようとすることを特徴とする。具体的には、生徒は、相撲シミュレーションゲームを通して、力士の動きをLOGOを拡張した言語でプログラミングし、他の生徒や先生が作成した力士と戦わせる。本論では、中学生と短大生を対象とした**あるごありーな**の評価実験の結果について述べる。実験の結果、学習者のコミュニティが形成され、その中で共同学習が活発に行われた。また、生徒のプログラミング技能が向上したことも明らかになった。

An Environment for Cooperative Learning of Programming: AlgoArena

Akiko Ide and Hiroshi Kato

Information Technology Research Laboratories, NEC Corporation
4-1-1, Miyazaki, Miyamae-ku, Kawasaki, Kanagawa, 216 JAPAN

AlgoArena is an educational system for beginners to learn programming, which provides an effective environment for facilitating cooperative learning. It allows students to form a community of practice and to have learning in it. AlgoArena system is a simulation game of sumo wrestling; students are supposed to program the actions of their own sumo wrestler so that it will win its matches. The authors have implemented it in pilot experiments with junior high school students and junior college students. Results indicate that the student's community was successfully formed and cooperative learning were took place in it. In addition, it was found that students had improved in their programming skills.

1.はじめに

子ども達は、なぜメンコ遊びなどのゲームにひかれるのだろうか。それは、ゲームそれ自体の楽しさももちろんあるであろうが、それ以上に同じ目的を持ち活動をとにもするコミュニティの仲間入りをするのが、強い動機付けとなっていたのではないだろうか。そのような考えから筆者らは、ゲームという状況設定を利用して、学習者のコミュニティを組織し、それに参加することによって、学習を行わせることを目的とした学習システムを開発した。本論では、筆者らが開発した情報教育システム「あるごありーな」を紹介し、その評価実験の結果について述べる。中学生や短大生を対象にした評価実験の結果、同じ目標を持ち、ともに活動する学習者の集団(コミュニティ)が形成され、その中で共同学習が活発に行われたことが確認された。また、生徒のプログラミング技能が向上したこともわかった。

2.あるごありーなの概要

あるごありーなは初めてプログラミングを学ぶ中学生以上の生徒を対象とした情報教育のための学習環境である。単なるプログラミング言語そのものの学習ではなく、総合的な問題解決活動を通じてアルゴリズム的な考え方を学習することを目的としている[1][2]。具体的には、生徒は、相撲シミュレーションゲームを通して、力士の動きをLOGOを拡張した言語でプログラミングし、他の生徒や先生がプログラムした力士と戦わせる。生徒のソフトウェア開発能力が向上するに伴って、力士が強くなるように設計されている。

あるごありーなは、図1のように生徒の作成した力士をお互いに対戦させ、結果を表示する「取り組みけいこ」と、図2のように生徒が力士の挙動をプログラミングする「力士エディタ」の2つのサブシステムから構成されている。

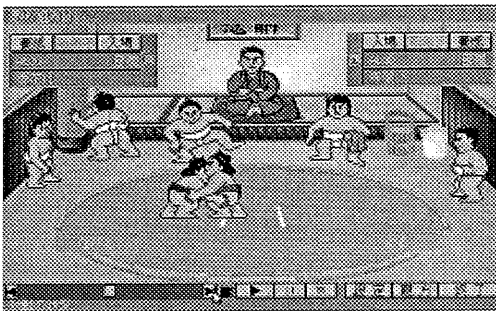


図1 取り組みけいこシステム

初めてシステムを利用する際には、部屋名を入力して「取り組みけいこ」を起動する。そして、東西の力士を選択し、入場させる。プレイボタンは東西に力士を入場させるとはじめて選択することができ、それを押すと対戦経過および結果がアニメーションで表示される。「力士エディタ」に移動する場合は、「取り組みけいこ」から「養成」ボタンを選択するか、「新弟子」ボタンを選択し、新たに力士名を入力する。

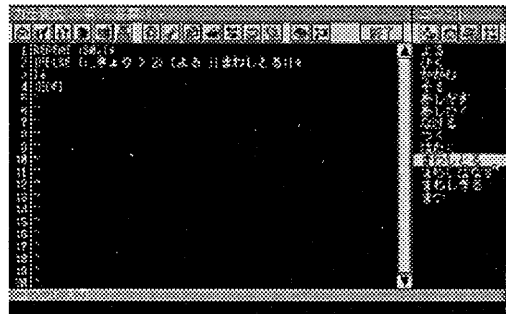


図2 力士エディタシステム

「力士エディタ」では、**あるごありーな**で使用するプログラミング言語の制御コマンドや力士コマンド、力士の状態などの予約語がメニューから選択できるようになっている。制御コマンドにはIF文やREPEAT文などがあり、マウスでコマンドをクリックするとコマンドとその引数の括弧をあわせて表示する。例えばIFELSEをクリックするとエディタには、IFELSE () [] []と表示され、()の中にカーソルが移動する。力士コマンドの種類には、よる、ひく、かがむ、なげる、まわしきる、など13種類ある。力士の状態の種類は、じぶんのいち、あいてのしせいなど自分あるいは相手の力士の土俵上の距離、体勢、差し手の状況、足の状況などがある。生徒は、これらの予約語を組み合わせてプログラムを作る。そして、このエディタで作成されたプログラムは、「取り組みけいこ」に戻って、すぐに対戦させることができる。

```
REPEAT 30[
IF (NOT (:_じぶんのあし - 1))[あしひく]
IFELSE (:_じぶんのしせい > :_あいてのしせい)
  [よる]
  [SELECT (:_あいてのしせい)
    CASE 1 [つく]
    CASE 2 [なげる]
    CASEELSE [はたく]]]
```

図3 プログラム例

図3は、プログラムの例である。この例では、もし、自分の足が1(引いている状態)でなければ「あしをひく」、次にもし自分の姿勢が相手の姿勢より屈んでいたら「よる」、そうでなければ相手の姿勢を判定し、1(反っている状態)なら「つく」、2なら「なげる」、それ以外(屈んでいる状態)なら「はたく」ということを30回繰り返す。

東西のプログラムから次に実行すべき力士コマンドがそれぞれ取り出されて、その組み合わせが評価され、その結果に応じて力士の状態が変化する。力士の状態が、ある一定の条件を満たしたときに決まり手があったとし、対戦は終了する。決まり手の種類には、上手投げ、肩すかし、寄り切り、突き倒しなど21種類ある。もし30回繰り返しても決まり手の条件を満たなければ引き分けとして対戦は終了する。

3. あるごありーなの評価実験

ここでは、相模原市の市立中学校の生徒(以後中学生と呼ぶ)とNEC工業技術短期大学の一年生(以後短大生と呼ぶ)を被験者として行った2つの評価実験の結果について述べる。この実験の目的は、本システムがどのように学習者の共同学習を促進させるか、さらにその教育効果はどうかを検討することである。それぞれの実験の条件は、以下の通りである。

(1) 中学校での実験

1994年9月3日から同年10月22日まで、毎週行われるクラブ活動の授業枠を利用し、「コンピュータクラブ」の生徒を対象に1回50分の授業を全6回行った。そのうち最後の1回では、班対抗の対戦を行った。生徒は27名全学年混合で、そのうちプログラミング経験のある生徒は13名であった。生徒を3・4人の班(7つ)に任意に無作為に分け、各班にPC-9801 UXコンピュータを3台割り当て、合計21台を使用した。生徒のプログラミングの手本となるようにシステム内にあらかじめ7つのサンプル力士を用意し、その他にリファレンスマニュアルを配布した。このリファレンスマニュアルは毎授業後に回収した。2時間目にサンプル力士の改造をする作業と4時間目の授業で「秘伝」と称してプログラムの説明を行った他は、授業時間のほとんどは生徒の自習時間に割り当てられた。最後の授業で26項目からなるアンケートと5項目からなるプログラミング理解度評価テストを行った。

(2) 短期大学校での実験

1995年4月18日から同年5月10日まで、「プログラミング技術1」と「特別学習」の授業枠を利用して1

回60分の授業を全10回行った。そのうち最後の2回は、班対抗の対戦を行った。被験者総数33名のうち、プログラミング経験のある生徒はほぼ全員の31名であった。ただし、リストを打ちこんで走らせた程度の経験しかないものも含まれている。班は2・3人で構成され、各班に1台のPC-9801シリーズコンピュータを合計12台使用した。システム内に19のサンプル力士を用意し、その他にリファレンスマニュアルを配布した。このリファレンスマニュアルは毎授業後に回収せず、授業外でも戦略を考えられるようにした。2時間目と4時間目と6時間目の授業の途中で「秘伝」と称してプログラムの秘訣を説明した。その他の授業時間は生徒の自主的活動に割り当てられた。中学生を対象とした実験と異なる点は、6時間目から、教室の中央に共用のパソコンを用意し、生徒が自由に対戦や力士の登録をできるようにしたことである。そして最後の授業のときに26項目からなるアンケートを行った。また、それから2カ月半後に追跡調査として4項目からなるアンケートを行った。この実験では、プログラミング理解度評価テストは行わなかった。その理由として、生徒達は、本実験と並行してC言語プログラミングを学習しており、プログラム理解度の向上の原因がどちらかにあるか判別不可能だからである。

4. 実験の分析と考察

4.1. 学習者のコミュニティ

まず生徒のモチベーションについて検討する。

「あるごありーなは面白かったですか。」という質問の結果、中学生では、「非常に面白かった」が4名、「面白かった」が13名と63%(17名)の生徒が、短大生では、「非常に面白かった」が2名、「面白かった」が29名と94%(31名)の生徒が**あるごありーな**を面白いと感じていた。また、「またあるごありーなをやりたいですか。」という質問に対しては、中学生では「是非やってみよう」が5名、「やってみよう」が10名を合わせて56%(15名)の生徒が、短大生では「是非やってみよう」が4名、「やってもよい」が24名と90%(29名)の生徒がまたやりたいと答えた。さらに短大生の実験では33%の生徒は、自宅でも**あるごありーな**の戦略を考えていた。これは、全くの自主的な活動である。同様に中学生では、「自宅でも**あるごありーな**をやりたいですか」という質問に対しては、「是非やりたい」が8名、「やりたい」が8名と59%(16名)の生徒は、自宅でも**あるごありーな**をやりたいことがわかる。これらの結果より、学習者のモチ

バージョンは高く、楽しみながら意欲的に活動に取り組んだことがわかる。

また**あるごあり**ーなは相撲という対戦型ゲームのため対戦相手を必要とする。もちろん、ひとりでサンプル力士や自分の過去に作成した力士と対戦させることもできるが、次に示すように、生徒は、それよりも他者との対戦の方に楽しみを見いだしている。

中学生のアンケートでは、「どの力士と対戦させるのが楽しかったですか」(複数選択可)を集計した結果、「友達の力士」が13名、「サンプル力士」が8名、「昔自分が作った力士」が2名、「どれでもいい」が5名、「わからない」が7名となった。「友達の力士」が13名と一番多く、また「昔自分が作った力士」は2名と一番少なく、かつ、それだけを選択している生徒がいないことから、一人で対戦するより、友達の作成した力士と対戦させる方が楽しかったといえる。同様に、短大生への質問:「サンプル力士と友達の作成した力士とどちらと対戦させるのが好きですか?」の集計結果では、ほぼ全員の32名(94%)の生徒はサンプル力士よりも友達の作成した力士と対戦させる方を好んでいる。その理由は、「他の人も上達していくから」や「一人でやってもつまらない」「勝負がついたときの相手の反応が面白い」などであり、他の生徒とのインタラクションの中に面白味を見いだしたようすがわかる。このことから、生徒は、友達の作った力士に勝つという目標を共有していたであろうことが推測できる。つまり、**あるごあり**ーなによって設定された対戦ゲームという状況によって、学習者が目標を共有し、社会的インタラクションが喚起されたといえる。

4.2. 共同学習と共用パソコン

4.2.1. 対戦環境の提供

短大生へのアンケートによると76%(25名)の生徒が中央の共用パソコンを利用して対戦をさせていて、自分の力士を共用パソコンに登録した生徒も39%(13名)いた。優勝した班と準優勝した班のメンバーは、全員共用パソコンに自分の作成した力士を登録していて、対戦目標としている力士も他の班の人の作成した力士であった。このことから、彼らが他の班の人の作成した力士と積極的に戦わせ、それらに勝てる力士をめざして作成していたことがわかる。共用パソコンは、いつでも他の班の人の作成した力士と対戦させる環境を提供したと言う点で貢献があった。このことは、生徒のコミュニケーションを活発にするために重要と思われる。

4.2.2. アイディアの流通

中央の共用パソコンに登録されている力士が、他の生徒のフロッピーにコピーされていることがあった。つまり共用パソコンを媒介にしてプログラムが流通していた。あるいは、コピーされていなくても共用パソコンに登録されていたプログラムのアイデアが他の生徒に参考にされていたという例があった。例えば、次に紹介する「阿修羅王:1」(図4参照)と「うっふん:3」(図5参照)とである。「阿修羅王:1」と「うっふん:3」は、IFの入れ子の条件を列挙している点で似ている。特に「阿修羅王:1」の23行目から29行目は、「うっふん:3」の「切り返し」モジュールの23行目から32行目と、また、30行目から36行目は「うっふん:3」の「うっちゃり」モジュールの35行目から46行目と同様である。この理由を検討する。

```
1 よる
2 REPEAT (30) [ASYURA]
3 TO ASYURA
4         BOUGYO NAGE
5 END
6 TO BOUGYO
7     IFELSE(:_きより =1) [まわしとる][よる ]
8     IF(:_きより =1) {
9         IF(:_じぶんのせい <=2) [かがむ ]
10        ----- 中略 -----
20 END
21 TO NAGE
22 IF(:_じぶんのあし >=2) [あしひく]
23 IF(:_じぶんのせい <=2) {
24 IF(:_じぶんのあし =3) {
25 IF(:_あいてのて =2) {
26 IF(:_あいてのあし =1) {
27 IF(:_きより =1) {
28 そる
29 ]]]]]
30 IF(:_じぶんのいち =1) {
31 IF(:_じぶんのて =2) {
32 IF(:_じぶんのあし <=2) {
33 IF(:_あいてのいち =2) {
34 IF(:_あいてのあし >=2) {
35 ながる
36 ]]]]] 以下省略 88行目まで続く
```

図4 「阿修羅王:1」のプログラム

```
1 UNTIL (:_きより = 1) [よる ]
2 まわしとる
3 REPEAT (30) {
4 REPEAT (3) [よる]
5 切り返し
6 うっちゃり
7 肩すかし
----- 中略 -----
```

```

19 ]
20
21
22 TO 切り返し
23 IF(:_じぶんのしせい <= 2) [
24 IF(:_じぶんので <= 2) [
25 IF(:_じぶんのあし = 3) [
26 IF(:_あいてのしせい <= 3) [
27 IF(:_あいてのて = 2) [
28 IF(:_あいてのあし = 1) [
29 IF(:_きより = 1) [
30 IF(:_うわて >= 1) [
31 そる
32 ]]]]]]]]END
33
34 TO うっちゃり
35 IF(:_じぶんのいち = 1) [
36 IF(:_じぶんのしせい <= 3) [
37 IF(:_じぶんので = 2) [
38 IF(:_じぶんのあし <= 2) [
39 IF(:_あいてのいち = 2) [
40 IF(:_あいてのしせい <= 3) [
41 IF(:_あいてのて <= 2) [
42 IF(:_あいてのあし >= 2) [
43 IF(:_きより = 1) [
44 IF(:_うわて >= 1) [
45 なげる
46 ]]]]]]]]]]END 以下省略 157行目まで続く

```

図5 「うっふん:3」のプログラム

「うっふん:3」は共用パソコンに登録されていて、「阿修羅王:1」は登録されていなかった。アンケートより「阿修羅王:1」を作成した生徒は「うっふん:3」を対戦相手の目標としていた。考えられることは、この生徒が「うっふん:3」力士のプログラムを対戦させながら、そのプログラムを参照したことである。しかし、まずプログラム全体の構成が異なっている。「うっふん:3」では、それぞれの決まり手に対して別々のモジュールを用いているが、「阿修羅王:1」では、1つのモジュールの中に全てが記述されている。また、「うっふん:3」では、22行目から、32行目の切り返しモジュールで、IF(:_じぶんので<=2)(24行目)を記述している。しかし、「阿修羅王:1」では、その記述が省略されている。「じぶんので」の変数値としては、1・2しかないで生徒Yは(:_じぶんので<=2)を省略したものと考えられる。同様に「うっふん:3」では、35行目から46行目までのうっちゃりモジュールで、IF(:_じぶんのしせい<=3)(36行目)やIF(:_あいてのしせい<=3)(41行目)などを記述している。しかし、「阿修羅王:1」には、その記述が省略されている。「じぶんのしせい」や「あいてのあし」の変数値としては、

1・2・3・4であり、条件をはずすと意図する動きと異なった動きをされると思われるが、生徒は意図的にはずしたのであると考えられる。それらの条件はほかでも省略されている。そのほかに「阿修羅王:1」では、「うわて」などを省略している箇所がいくつかある。そして、全体的に「阿修羅王:1」では、等号や不等号と数字の間に空白がない。また、IF文の条件の順番が全く同じであるが、「阿修羅王:1」を作成した生徒がリファレンスマニュアルを参照したとすれば、その順番が同じになったとしてもおかしくはない。これらから、この生徒は「うっふん:3」をコピーしたのではなく、プログラムスタイルのアイデアは探ってきたものの自分なりに動きを考慮しながらプログラムを作成したと考えられる。さらに筆者らのひとりだが、これらが似ていることに気付いて「阿修羅王:1」を作成した生徒に尋ねたところ、その生徒は、アイデアを借りたことを認め、「うっふん:3」はそのアイデアを攻撃のために用いているが、自分は防御のために使ったと述べた。ただし、プログラムからは、その事実は裏付けられなかった。

この例が示すように他の班の生徒の作成したプログラムを参考にする(盗み見る)場があることで、「阿修羅王:1」を作成した生徒は、自分のプログラム作成に役立っていた。このことより、共用パソコンは、プログラムのアイデアを流通させる媒体であったといえる。

4.3. 教育的効果

	REPEAT	IF	AND	OR	IFELSE
正解	26	26	23	15	6
不正解	1	1	4	12	21

表1 評価テストの正誤人数

表1に示す中学生へのプログラム理解度評価テストの結果より、授業で利用したコマンドのうち大部分について正しく理解していることから、**あるごあり一**は生徒のプログラミングの学習に役立ったのではないかと考えられる。

また、短大生の実験直後のアンケート結果では、「非常に役立った」が3名、「少し役立った」が22名と76%(25名)の生徒がプログラミングに役だったと感じている。さらに2カ月半後の追跡調査でも「あるごあり一」をやったことは、今何かの役に立っていますか。」という質問に対して、「非常に役立っている」が2名、「少し役立っている」が18名と61%(20名)の生徒が何かの役に立ったと思っている。その理由としては、「IF文FOR文の理解ができ

た「プログラムの組立て方が良くなってきた」「アルゴリズムの考え方がわかった」「基本的な制御構造が理解できた」などと、アルゴリズム的なレベルで役立っていることがわかる。筆者は、最初**あるごありー**なでのプログラミングはそれ自体の活動として閉じてしまい、他の言語への応用がきかないのではないかと恐れていた。しかし、**あるごありー**な活動後もC言語などのプログラミング実習を継続している生徒たちが、実験2ヶ月半後でも「**あるごありー**なをやったことが役に立っている」と思っていることは、生徒の主観的な評価ではあるが**あるごありー**な学習効果を裏付ける一つの証左となり得るであろう。つまり、この結果により、**あるごありー**なによるプログラミングは、それ自体の活動にとどまらず、C言語などの一般のプログラム言語の理解へのきっかけをつくったといえる。

4.4. 生徒のプログラム履歴による分析・考察

次に生徒のプログラム履歴を分析することにより、プログラム能力の向上を分析する。

4.4.1. 中学生の場合

最初に中学生の例を取り上げる。選択した生徒Kは、小学校6年の時にLOGOを使用したことがある。

(1)「潮雷光:1」1時間目で作成

```

1  よる よる よる つく つく つく つく つく
つく つく つく つく つく
2  そる そる つく あしひく あしひく
3  はたく はたく はたく はたく はたく
4  はたく つく つく つく つく つく まわしとる
   まわしとる まわしとる
5  あしだす
6  はたく はたく はたく はたく はたく はたく
   はたく はたく
7  まわしきる まわしきる まわしきる まわしきる
8  つく つく つく つく つく つく つく
9  ひく ひく

```

「よる」や「つく」などのような単純な力士コマンドの羅列である。ただし、足を引いてからはたくなどゲームのしくみを理解した上での戦術が使われている。

(2)「雷砲山:1」2時間目で作成

```

1      #はたく(肩すかしの決まり手) が得意
2
3  repeat 30 [
4      taissei          #手順[taissei]を実行する
5
6      if(:_きより >= 2)[よる ]
7          #もし相手との距離が2以上離れていたら

```

```

近づく
8          IF (:_じぶんのしせい
=3)[つく ]
9          IF (:_あいてのしせい =4)[はたく ]
10         IF (:_あいてのしせい =1)[つく ]
11         IFELSE (:_じぶんので =1)[なげる ]
[まわしとる ]
12
13 ]
14 to taissei
15 IF (:_あいてので = 1)[まわしきる STOP]
16 if (:_じぶんのしせい =1)[かがむ stop]
17 if (:_じぶんのしせい =4)[そる stop]
18 end

```

この力士の一つ前に作成した「獅蔵:1」では、2時間目で用いたサンプル力士をそのままコピーした状態だったが、この「雷砲山:1」では、8行目と10・11行目、15行目を独自に追加作成している。新たに追加されたIF文などの制御文が大文字であることからそれが裏付けられる(もともとのサンプル力士はすべて小文字)。自分の姿勢が良かったら(じぶんのしせい=3)「つく」や、相手の姿勢が悪かったら(あいてのしせい=1)「つく」、あいてにまわしを取られていたら(あいてので=1)、「まわしきる」などの戦略がうかがえる。

(3)「雷砲山:3」3時間目で作成

```

-----「雷砲山:1」と同じにつき省略 -----
11 IFELSE (:_じぶんので =1)[なげる ][taissei
   まわしとる ]
12 IF (:_じぶんのしせい >= :_あいてのしせい)
[taissei よる ]
13 ]
----- 以下「雷砲山:1」と同じ -----

```

「雷砲山:3」では、「雷砲山:1」力士の11行目の内容は、IFELSE(:_じぶんので=1)[なげる][taissei まわしとる]になり、また、12行目にIF(:_じぶんのしせい>=:_あいてのしせい)[taissei よる]を追加するなど、コマンドを実行する前にtaissei モジュールを実行させる工夫が見られる。この戦略は、授業内では教えていないし、サンプルプログラムにもそのような戦略は存在しない。ただ、筆者がある別な生徒とプログラムの話をしていて、そのときにその生徒にだけ教えた内容である。おそらく、その生徒がそれを利用して、力士を作成したため、その戦略が生徒の間で流通し、Kもそれを自分のプログラムに取り入れたのではないかと考えられる。このように授業で教えていない内容が生徒間同士の交流を通じて、コミュニティ内に伝搬していく事例が見られた。

4.4.2. 短大生の場合

次に短大生の場合について考察する。選択したSは、高校の時にBASICを学んでいて、その他の一般ソフトの使用経験はない。Sは、11種類のプログラム履歴を持っていた。以下にいくつかプログラムを抜粋し、その特徴を述べる。

授業で、秘伝「イベント駆動」の説明をしたせいか、それをまねて、IFELSE文を利用したプログラムを作成している。完全なイベント駆動型プログラムになっている。ただし、「まわしとる」(「うわて」の値を変化させる)動作がないのに「うわて」の状態を見るなどちぐはぐな点が見られる。

(1)「梅嵐:1」2時間目作成

1	よる	19	よる
2	つく	20	まわしとる
3	よる	21	なげる
4	まわしとる	22	よる
5	なげる	23	まわしとる
6	よる	24	なげる
7	まわしとる	25	あしだす
8	なげる	26	つく
9	よる	27	あしひく
10	まわしとる	28	はたく
11	なげる	29	よる
12	つく	30	まわしとる
13	つく	31	なげる
14	よる	32	ひく
15	まわしとる	33	はたく
16	なげる	34	つく
17	よる	35	かがむ
18	あしひく		注)紙面の都合により2行で表示

(3)「鬼神力:1」3時間目に作成

```

1 よる
2 REPEAT (30) [
3     IF (:_じぶんのいち = 1)[よる ]
4     IF (:_じぶんのしせい = 1)[かがむ ]
5     IF (:_じぶんのしせい = 4)[そる ]
6     IF (:_きより =1)[
7     IF (:_あいてのしせい =4)[はたく ]
8     IF (:_じぶんのて =2) [
9     IFEELSE (:_じぶんのあし = 1)[な
ける ] [あしひく ]
10 ]
11     ]
12 ]
13 よる
14 ]

```

単純なコマンドの羅列で記述してある。3行目・6行目・9行目・14行目・19行目・22行目・29行目に「よる まわしとる なげる」の動作の組み合わせが繰り返し用いられている。ここから、ゲームの仕組みを理解した上で、「投げ」を攻撃の主体にしようとする意図がくみ取れる。

3行目から9行目にあるようにIF構文を列挙して、最後の行だけIFEELSEを用いている算法は、授業中では教えていない。サンプル力士「前ひき寺:3」にあるので、その算法をまねたと思われる。インデントをつけていて、プログラムが見やすくなっている。おそらくSは「前ひき寺:3」と自分の力士を対戦させるのをきっかけとして、そのプログラムを参照し、自分のプログラムに取り入れたと考えられる。しかし、形式だけはまねているが、完全なイベント駆動になっていない点で、理解は不十分だと思われる。

(2)「福の神:2」3時間目に作成

```

1 REPEAT (30) [
2 IFELSE (:_じぶんのしせい < :_あいてのしせい) [かがむ ] [
3 IFELSE (:_じぶんのいち = 1) [まわしきる] [
4 IFELSE (AND (:_きより = 1) (:_うわて = 0)) [つく][
5 IFELSE (AND (:_きより = 1) (:_うわて = 1)) [あしだす][
6 IFELSE (AND (:_きより = 1) (:_うわて = 2)) [なげる][
7 [よる ]
8 ]
9 ]
10 ]
11 ]
12 ]
13 ]

```

(4)「富士山:1」6時間目に作成

```

1 REPEAT (50) [
2 REPEAT (3) [序盤]
3 REPEAT (3) [中盤]
4 REPEAT (3) [終盤]
5 ]
6 TO 序盤
7     攻撃 防御 よる
8 END
9 TO 中盤
10     攻撃 防御 つく
11 END
12 TO 終盤
13     防御 攻撃 つく
14 END
15 TO

```

```

16 IF (:_じぶんのしせい =1) [かがむSTOP]
17 IF (:_じぶんのしせい = 4) [そる STOP]
18 IF (:_じぶんのいち =1) [
19 IF (AND (:_あいてのて =1) (:_じぶんのしせい =3) (:_じぶんのあし > 1)) [あしひくSTOP]
20 IFELSE (AND (:_じぶんのて =2) (:_じぶんのあし =1)) [なげる STOP][よる STOP]
21 IF (AND (:_あいてのて =2) (:_じぶんのしせい >= 3)) [まわしきる][つく]
22
23 ]
24 END
25 TO
26 IF (:_きより =1) [
27 IF (:_じぶんのあし > 1) [つく STOP]
28 IF (AND (:_あいてのしせい = 4) (:_じぶんのあし =1)) [はたく STOP]
29 IF (:_じぶんのあし > 1) [つく STOP]
30 IF (:_じぶんのて =2) [
31 IF (:_あいてあし >1) [なげる STOP]
32 IF (AND (:_あいてのいち =8) (:_じぶんのしせい >= :_あいてのしせい)) [そる STOP]
33 ] ]
34 END

```

授業で配布・説明した秘伝「モジュールの技」のプログラムスタイルとよく似ているが、1行目から5行目まで、REPEATの入れ子を用いている点は、独自である。また、秘伝では、序盤と終盤モジュールしかないが、このプログラムでは、中盤モジュールも設定してあるなどS独自の工夫が見られる。モジュールごとにプログラムの内容を記述しているので、プログラムの意図が明確になっている。

21行目は、IF文を用いているのに、IFELSEと同様な書式となっており、誤りであると思われる。この書式が間違っていることに気付いたせいかこのプログラムの以後バージョンでは、この行は、消去されている。

28行目では、相手の姿勢が屈んでいるときには、「はたく」を実行しようとしている。この前のプログラムでは、「あしひく」動作がないにも関わらず(このコマンドを実行することにより、じぶんのあし=1となる)、「じぶんのあし」の判定を行うなどちぐはぐな点が見られたが、19行目で「あしひく」を実行しているなどの改善が見られる。

29行目では、つくを有効に実行させるために自分の足がひいているかどうか判断している(相手をつくためには、自分の足がひいてはいけくないので)。

32行目は、もし自分の手があいてのまわしを取っていて、かつ相手の位置が8(土俵際)で足を引いてい

なければ「そる」を実行しようとしている。この力士コマンドは、「吊り出し」を狙っていることがくみとれる。「吊り出し」はまれな決まり手であり、サンプル力士にもそれを狙ったものはない。すべて独自に考え、リファレンスを参考にして組み上げたものであろう。

Sはこのあと9時間目に作成「富士山:6」までの6つのプログラムの間に7行目・10行目・13行目の内容を度々変更している。生徒は、対戦させることによりそのプログラムを評価し、修正するなどの試行錯誤を行っている。おそらく、STOPALLとすべきところがすべてSTOPになってしまったため、意図した動きを得られなかったためと考えられる。最終的に「富士山:6」プログラムの長さは、50行となった。

このように、生徒のプログラム履歴を分析することにより、生徒は、あるごありーなを通じて、徐々に複雑な戦略と構文を駆使したプログラムを作成していくのがわかる。例えば、最初は、単純な力士コマンドのみでプログラムを作成しているが、次に制御文を用いて作成している。このとき授業で説明された「秘伝」を最初はそのままそっくり自分のプログラムに取り入れるが、だんだん自分の独自のプログラムに加工されている。また、短大生の場合は、最初は、一つの決まり手だけだけを狙っているが、最後の方では、いくつもの技を状況に応じて出せるような高度なプログラムになっている。

5. おわりに

筆者らは、情報教育システム「あるごありーな」を例にゲームという状況設定が(1)他の生徒とのインタラクションを促進して学習者のコミュニティを形成すること、(2)その中で共同学習を促進させ、プログラムに関する知識が生徒間で流通すること、(3)ソフトウェア作成能力の教育効果があること、を相模原市立の中学生とNEC工業技術短期大学の短大生の実験結果により明らかにした。

【謝辞】

本実験にご協力いただいた相模原市立若草中学校川口教頭、NEC工業技術短期大学の安藤校長、萩原主任、荒明先生に謹んで感謝の意を表します。

【参考文献】

[1]加藤浩、井出有紀子(1993)「ソフトウェア教育システムあるごありーなの構想(1)-設計思想-」、電子情報通信学会春季大会、pp.1-475-1-476

[2]井出有紀子、加藤浩(1993)「ソフトウェア教育システムあるごありーなの構想(2)-システムデザイン-」、電子情報通信学会春季大会、pp.1-477-1-478