

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 15 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650099

研究課題名(和文)代数エージェントにボードゲームをさせたい～感性に訴える代数系の可視化～

研究課題名(英文)Algebraic agents playing board games - Visualization of algebraic systems for Kansei

研究代表者

村井 哲也 (Murai, Tetsuya)

北海道大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：90201805

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円、(間接経費) 750,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は代数系を感性工学によって理解する枠組を定式化する第1ステップを与えることである。そのために、代数(例えば整数)の要素たちにいくつかのチームを作らせ、ボードゲームを演じさせる。そのような要素を代数エージェントと呼ぶ。各チームは固有の演算を武器として使うことができ、ボード上で接触したら、互いの演算で勝負し、例えば、計算結果の大小などで勝敗を決める。実験の結果、和、積など演算によってゲームのプロセスが異なることが分かった。例えば、和チームは短期決戦に強いが、長引くと0が増えて、積チームが逆転する。このように演算に特徴的な感性的な振る舞いを観察することができた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to provide a first step towards formulating a framework for understanding algebras in terms of Kansei engineering by letting elements in some algebraic systems play board games. We call such elements algebraic agents. We confine ourselves to a kind of board games with $n \times n$ squares (cells) arranged in an n -by- n grid. There are two or more teams of elements with their characteristic algebraic operations. For example, two teams of integers whose operations are addition and multiplication, respectively. Each agent can move from one cell to other cell. When two algebraic agents encounter, their fight starts. They win or lose the fight by means of their own operations. Then the winner survives and the loser disappears or is transferred to his opposing team. Finally the team which defeats all agents in other teams gains a victory.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：あいまいと感性 代数エージェント 代数系 演算 位相

1. 研究開始当初の背景

(1) 代数系の授業や演習を担当し、学生に説明する中で、代数学の種々の概念をゲームの一場面に例えてきた経験がある。例えば、群では要素に対して、その逆元で攻撃すれば単位元に消滅する。また、零因子があれば、逆元を使わなくても単位元に消滅させることができる。準同型をゲームの場の間の転送と見たてれば、2代数エージェントをそれぞれ転送した結果と2人一緒に転送した結果が同じである、など、種々のシチュエーションが考えられる。

(2) 代数系をゲームに模しても(あるいは却って?)ちんぷんかんぷん、という学生もいたが、一部には好評だったので、代数系の公理や性質自体をゲームのルールとする研究について、諸般の文献やネット上の情報などを調査してみた。しかし、意外なことに、その種の研究は、私の調べた限り、ほとんどなされていないことが分かった。

2. 研究の目的

(1) 情報代数学の教科書や解説において法則(公理)を説明する際に、ゲームのルールの如し、というアナログを利用する場合が見られる。これに対して、本研究では代数系をゲームとの類推で理解するのではなく、代数系自身にゲームをさせたい。そのための基礎的考察とゲームのシミュレーション結果の検討が研究の目的である。

(2) ここでの「ゲーム」はゲーム理論などで定式化される類の抽象概念ではない。代数系の要素たちを代数エージェントと呼んで、彼らが公理というルールに従って具体的に、例えば、ボードゲームなどを実行する。種々の代数を使えば多様なシミュレーションが可能となり、その結果、感性に訴える代数系の可視化に関する知見を導くであろう。

(3) 従来の研究では、ゲーム理論として抽象化されたゲームについての数学的解析に関する研究、既存のゲームやそのストラテジを論理的あるいは代数的に解釈し、定式化する研究、などが主流であり、対象に対して外部から関わるタイプである。それに対して、本研究は代数系自体に語らせよう、代数系自体が内包する(であろうと予想する)ゲーム性を自然に引き出したい、あるいは、引き出せるのではないか、という立場であり、通常の方法論とは斬新といえるかどうかは意見は分かれるであろうが、少なくとも異質なアイデアに立脚すると考えてよいのではないか。

3. 研究の方法

(1) まず、本研究で考察したゲームの設定について述べる。本研究の実験では、代数系を感性的に捉えるための手段としてのゲーム

を提案し、実際にそのゲームを動かしてみて代数系の性質がどのような形で現れるか調べたい。代数系の性質をより多角的に捉えるため、ゲームルールの詳細を適宜変えながらゲームを行なっていく。そうして得られた結果から、代数系の性質を考察する。

(2) 本実験で用いるゲームは、格子状のセルに分けられた二次元平面上で動くエージェント(コマ、代数系の元に相当する)が互いに作用を及ぼし合っていくものである。元はいくつかのチーム(代数系に相当する)に分かれ、作用を及ぼすことにより消滅したり相手チームに組み入れられたりする。最終的に生き残ったチームを勝者とする。これをチーム集合、エージェント集合、移動関数、作用関数(代数演算)、停止判定関数の5項からなる系として、定式化する。

(3) ゲームでは一つのターンを考え、その繰り返しを実行する。1ターン内では、それぞれのエージェントを移動させ、移動先に敵エージェントがいた場合作用を及ぼしあわせる。移動先で複数の敵と隣接していた場合は、特定の方向のエージェントを優先して選択する(上>下>左>右の順)。ターンを繰り返し実行し、最終的に停止判定が出たらゲーム終了となり、勝者が決定する。

(4) 敵と遭遇した時は、作用関数が働く。作用関数は2つのエージェントを作用(演算)させ、それらの大小によって勝敗を決める関数である。ここでaは攻撃元、bは防御元とする。演算結果のパターンとして以下が考えられる。

- ① 引き分けとし、チームの変更を行わない
- ② 攻撃元aの勝利とし、bをaのチームに組み入れる
- ③ 攻撃元aの勝利とし、bを消滅させる

4. 研究成果

(1) 実験で使用する代数系として、剰余和、剰余積、べき剰余などを考えた。

(2) 剰余和のチーム同士のシミュレーション実験では、以下の結果が観察された：

- ① フィールド上で互いチームの元が作用し合い、最終的には少数のエージェントのみが残る。
- ② フィールド上のエージェントが少なくなるほど、作用が発生する頻度が小さくなる。
- ③ 終了までのターン数は「フィールドが広く」また「エージェントの総数が少なくなる」ほど、大きくなる傾向がある。

(3) べき剰余のチーム同士のシミュレーション実験では、以下の結果が観察された：

- ① フィールド上でお互いのチームのエージェントが活発に作用し合い、形勢がめまぐるしく変化する。

② 終盤になると、フィールド上のエージェントの多くが 0; 1; 5; 6 のいずれかになる。

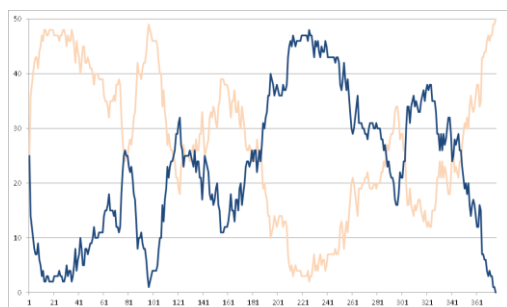
(4) 剰余和チームと剰余積チームのシミュレーション実験では、以下の結果が観察された：

① フィールド上でお互いのチームのエージェントが活発に作用し合い、形勢がめまぐるしく変化する。

② 0 が剰余積チームに加わると必ず剰余積チームが勝利する。

③ 剰余和チームが勝利する場合、終了までのターン数は小さくなる傾向がある。

次の図はこの場合のシミュレーション例におけるチームのエージェント数の推移である。



(5) 零元に関して、0 の出現しやすければしやすほど剰余積チームの勝率が上がることは明らかである。0 の出現確率は剰余演算の法に影響される。つまり剰余和と剰余積のゲームにおいて、剰余演算の法はゲームを左右する重要な要素であると言える。具体的には、以下の条件の時にゲーム内に 0 が出現しやすくなる：

(a) 剰余の法が合成数である。

(b) 法の値が小さい。

(a) に関しては、法が合成数であれば剰余積に零因子が発生するので 0 が出現しやすくなる。(b) に関しては、法の値が小さいならば元が取りうる値の数が少なくなり、相対的に 0 が出現しやすくなる。

(6) 実験において主に三つの条件で試行を行ったが、そのうち特に感性的な面が感じられたのは、剰余和と剰余積のゲームである。いか、剰余和と剰余積のゲームに見られる感性的な面について述べる。0 は剰余積にとって、必勝をもたらす極めて特殊な元である。ゲームを長引かせれば 0 が出現しやすくなるので、剰余積の勝率は上がっていくことになる。逆に剰余和は多くの場合、0 が出現しないうちにゲームを終わらせることになる。これはあたかもそれぞれの代数系が「剰余積は頼みの綱である 0 が発生するまで持ち堪える」「剰余和は厄介な敵である 0 が発生しないうちに畳み掛ける」という戦略の下でゲームを行なっているような印象を抱かせる。つまり、0 という特殊な元を鍵として、代数系に感性的な振る舞いを見出すことができ

たと捉えられる。

(7) 以上をまとめると、本実験では代数系を感性的に捉えるためにゲームを提案し、そのゲームを行うエージェントを定式化した。また、実際にゲームを実行しゲーム内で代数系の性質がどう現れるかを観察した。その結果、剰余和と剰余積について、エージェントの振る舞いや勝利パターンなどに差異が確認できた。これによってゲーム上で二者が差別化され、それぞれが確固たる戦略を持って行動しているかのような感性的な振る舞いが確認できた。

(8) 今後の課題として、本研究では対戦型のゲームを提案したが、それ以外の種類のゲームについても考察する余地は十分にあるだろう。例えば、ある特定の箇所を目指す競走ゲームや、迷路を攻略するゲームが考えられる。それらのゲームから代数系を多角的に捉えることが出来れば、代数系をより感性的に捉えることが可能になるとと思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

① S. Ubukata, T. Murai, Y. Kudo, S. Akama, A Variable Neighborhood Model for agent control Introducing Personal Spaces and Accessibility Relations between Agents. Journal of Advanced Computational and Intelligent Informatics, accepted.

[学会発表] (計 2 件)

① S. Ubukata, T. Murai, Y. Kudo, S. Akama, A Basic Consideration on Neighborhoods Accessibility Relations. 22th Int. Conf. on FIM, 2013. 11, Kokura.

② K. Endo, T. Murai, Y. Kudo, M. F. Kawaguchi, N. V. Hyunh, Algebraic Agents Playing a Board Game for Kansei Engineering. 13 Int. Conf. on Knowledge and Systems Science, 2012. 11, JAIST.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村井 哲也 (Tetsuya MURAI)
北海道大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号：90201805

(3)連携研究者

工藤 康生 (Yasuo KUDO)
室蘭工業大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：90360966

ヒュン ナム ヤム (Nam Yam HUYNH)
北陸先端科学技術大学院大学・知識科学研究
科・准教授
研究者番号：00362020