

溝口 佳寛 (MIZOGUCHI Yoshihiro)

研究概要

近年, 電子計算機による計算だけではなく, セルラオートマトン, BZ 反応やアモルファスによるパタン形成, ニューラルネットワークなどによる新しい計算の概念が多岐にわたり考察されている. これらの新しい計算を離散遷移系として数学的に捉え, 理論的・形式的な計算モデルを構築し, 計算能力の限界や計算の性質を考察する理論研究を行っている.

1. CA110 と呼ばれる 1 次元 2 状態のセルオートマトンにおいて, グライダーと呼ばれる規則的に変化するパターンがある. そのグリダーたちの衝突による変化や消滅を利用した計算モデルが考えられており (S.Wolfram(2002), M.Cook(2004)), チューリング機械を模倣出来ることが知られている. 我々は, このような衝突現象による計算の抽象モデルの構築に取り組んでいる. 衝突現象の新しい定式化として抽象衝突系を提案しグリダー現象等の衝突現象を抽象衝突系で表現した. このことは, 抽象衝突系が計算万能性を持つことも示したことになる. さらに, 抽象衝突系の中で 1 次元の直線上を動くボールたちの衝突に対応する系であるビリヤード系を定め, ビリヤード系をセルオートマトンにより模倣する方法, および模倣可能な条件について考察した. そして, ボールの速度の差が 1 より大きい場合には, セルオートマトンによって模倣出来ないことを示した.

2. 量子コンピュータは, 量子力学の原理に基づいて動作するコンピュータのモデルであり, 従来のコンピュータよりも効率的に計算が行える可能性を秘めており近年注目を集めている. 1995 年に J.Watrous は量子コンピュータの 1 つのモデルである量子セルオートマトンを提案した. 我々は視点を変え有限巡回型の量子セルオートマトンを提案し, その計算の性質や計算能力について研究している. 特に, 古典セルオートマトンが自然に量子セルオートマトンへ拡張出来るための十分条件を与えた. その中で, CA150 の量子化により得られた量子セルオートマトンについて, 状態分布の確率的解析を行い, 初期状態やセルサイズに依存せずに $1/2$ になる場合の条件を発見し証明を得ることが出来た. また, CA150 を含む基本セルオートマトンの量子化により得られた量子セルオートマトンについて, その様相が周期性を持つための条件を考察した [3].

3. DNA コンピュータとは人工的に作成した DNA 塩基たちの結合により必要な計算を実現するコンピュータである. DNA 塩基配列の結合を代数的に定式化した系として, スティック系 (Sticker System) が知られている. 従来の計算モデルである有限オートマトン, 線形文法などをスティッカー系により模倣する方法は, 1998 年に G.Paun, G.Rozenberg らにより発表されていたが, 我々は, その論文中では述べられていなかった (厳密には少し誤りがあった) 模倣方法を具体的に記述し, その証明を厳密に与えた. そこでは, スティック系や有限オートマトンの計算を行うことが出来る形式的に無限長の文字列を操作可能な計算モジュールの Haskell 言語での実装方法についても述べている.

4. インターネット上のウェブページのリンク構造は離散グラフであり, そのリンク情報をもとに各キーワードごとのコミュニティ・グループを抽出すること, ペー

ジの人気ランキングを行う方法などには、隣接行列の固有値をはじめ、種々の数学的特徴量や構造が利用されている。我々は、全順序としてのページ・ランキングではなく、リンクの共起情報に基づき、あらたな関係グラフ構造（半順序構造）を構築し、各種コミュニティの特徴づけへの応用可能性についていくつかの計算実験例を発表した。また、ウェブグラフを有向グラフと捉え、既知の無向グラフに対するラプラシアン固有値を用いたクラスタ分解の手法を有向グラフへ拡張した場合の挙動について解析した結果を発表した。

「マス・フォア・インダストリ」にかかわる H20, 21 年度の研究実績概要

自然界にある現象を利用した新しい計算機構のモデルを数学的に定式化し、その計算の性質を形式的に記述し、性質の解明や計算の限界を見極める研究を行っている。

衝突系 (Collision System) とは、物体 (物質) の衝突とその反応の組合せにより計算を定式化するために考えられた概念である。我々は、この衝突系を形式的 (Formal) に定め、そのモデルの持つ代数的な性質を形式的に記述し、考察を行うことを目標とする。そのために、抽象衝突系と呼ぶ新しい代数系を定式化した。抽象衝突系は拡散反応系などを代数的に記述することも出来るし、従来の計算モデルであるセルオートマトンの一般化と考えることも出来る。抽象衝突系の中で 1 次元の直線上を動くボールたちの衝突に対応する系であるビリヤード系を定め、ビリヤード系をセルオートマトンにより模倣する方法、および模倣可能な条件について考察した。そして、ボールの速度の差が 1 より大きい場合には、セルオートマトンによって模倣出来ないことを示した [1]。

DNA コンピュータとは人工的に作成した DNA 塩基たちの結合により必要な計算を実現するコンピュータである。DNA 塩基配列の結合を代数的に定式化した系として、スティッカー系 (Sticker System) が知られている。従来の計算モデルである有限オートマトン、線形文法などをスティッカー系により模倣する方法は既に発表されていたが、その論文では述べられていなかった (厳密には少し誤りがあった) 模倣方法を具体的に記述し、その証明を厳密に与えた。そのために、スティッカー系や有限オートマトンの計算を行うことが出来る形式的に無限長の文字列を操作可能な計算モジュールを Haskell 言語を用いて実装した [2]。

研究業績

1. T. Ito, S. Inokuchi, Y. Mizoguchi, Abstract collision systems simulated by cellular automata, The 3rd International Workshop on Natural Computing, Yokohama, Japan, Sept. 2008, pp.27-38.
2. K.K.K.R. Perera, Y. Mizoguchi, Implementation of Haskell Modules for Automata and Sticker Systems, Journal of Math-for-industry, Vol.1(2009A-7), pp.51-56.
3. S. Inokuchi, Y. Mizoguchi, H. Y. Lee and Y. Kawahara, Periodic behaviors of quantum cellular automata, Bull. of Informatics and Cybernetics, Vol.40(2008), pp.17-50.

講演

1. 岡田幸治, 井口修一, 溝口佳寛, 廣川佐千男, リンク共起情報に基づく概念グラフの線形度, 電気関係学会九州支部連合大会, 08-2A-13, 2008 年 9 月.
2. K.K.K.R. Perera, Y. Mizoguchi, Haskell Modules for Automata and Sticker Systems, Joint Conference of Electrical and Electronics Engineers in Kyushu,

12-1A-05, Sept. 2008.

3. K.K.K.R. Perera, Y. Mizoguchi, Finding Clusters in Directed Network Graphs using Spectral Clustering Methods, Joint Conference of Electrical and Electronics Engineers in Kyushu, 12-1P-02, Sept. 2009.

学位

博士 (理学) (九州大学)

研究集会の主催

1. 第 1 回論理と計算セミナー, 九州大学, 2009 年 5 月 8 日.
2. 第 2 回論理と計算セミナー, 九州大学, 2009 年 7 月 17 日.
3. 第 3 回論理と計算セミナー, 九州大学, 2009 年 9 月 19 日.
4. 第 4 回論理と計算セミナー, 九州大学, 2010 年 3 月 12 日.

その他の研究活動

- Reviewer to the Mathematical Reviews
- 電子情報通信学会英文誌特集号 『Special Section on Foundations of Computer Science』 編集委員 (2008,2009,2010)