

Title	光入力型DNAオートマトンの実装手法に関する研究
Author(s)	酒井, 寛人
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59319
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	酒井寛人
博士の専攻分野の名称	博士(情報科学)
学位記番号	第25281号
学位授与年月日	平成24年3月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 情報科学研究科情報数理学専攻
学位論文名	光入力型DNAオートマトンの実装手法に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 谷田 純 (副査) 教授 森田 浩 教授 沼尾 正行 准教授 小倉 裕介

論文内容の要旨

DNAコンピューティングは、生体分子の自律制御に有望な計算手法である。しかし、DNA反応に計算手順を符号化するためには、生体分子の反応環境に影響を及ぼす様々な外的操作を要する。これに対して光技術の利用が検討され、光応答性DNAが活用されているが、その応答性は光の波長に依存して制限される。これらの問題を解決し、分子に対して様々な処理を展開する新たな計算手法が求められている。本研究では、光技術とDNAコンピューティングによる新たな計算手法として、光の入力信号列に符号化した情報を解釈する光入力型DNAオートマトンを提案し、その実装手法について検討した。この実装により、分子に対し、様々な光入力を用いた汎用的な処理が可能となる。実装に用いるフレームワークとして、光入力型DNAオートマトン用計算モデルから状態遷移モデルを考案した。このモデルでは、二つのモジュールに機能を分割することで光の入力信号を段階的に処理する。考案したモデルにより、光応答性DNAを用いた任意の計算手順の符号化が可能となった。実装手法として、オートマトンの制御部をナノサイズ化するための方式と、オートマトンの拡張性を考慮した方式について検討した。

前者は、オートマトンの内部状態をDNA構造に割り当て、各モジュール動作を実行するDNA構造変化をDNA構造体内に組み込むことで、制御部を一体化する。構造体内での処理完結のため、各モジュール間の情報通信媒体として構造体内の位置情報を用いた構成を示した。この構成では、DNA構造の位置情報への変換機能が必要で、その変換ユニットとしてナノスケールポジショナーを考案した。分子実験では、各モジュール動作を表現する光応答性DNAの構造変化と、光入力に応じたポジショナーの位置制御を確認し、オートマトンの基本動作を実証した。

後者は、内部状態をDNA塩基配列に割り当て、多数の内部状態数を得る。状態数増加に伴うDNA反応系の複雑化を考慮し、DNA配列置換反応を導入した構成を示した。この導入により、モジュール間情報通信とモジュール動作を一体化し、個々の構成要素を単純化できた。この構成では、構成要素に対応する反応ユニットを溶液分散させ、オートマトンを実装する。分子実験では、個々の反応ユニットの動作を確認し、それらを組み合わせて数種類のオートマトンの状態遷移動作を実証した。最後に、二つの実装方式を比較することで互いの長所・短所を明らかにし、個々の要素反応との関係性を示すことで本研究の結論を得た。

生体分子が潜在的に持つ計算能力に倣った計算システムの開発が進められている。とりわけ、DNAコンピューティングは高い実現性を持ち、分子生物学的性質を活用した新しい計算パラダイムとして期待されている。この分野において、光技術によるDNA反応の外部制御法は、DNA計算手法を多くの問題に適用する上で必要となる制御性と汎用性を実現する上で効果的であり、重要な研究対象である。本論文では、光入力型DNAオートマトンと呼ばれるDNAコンピューティングモデルを構築し、DNA分子の特徴を活かして効率的に実装するための手法を検討し、その有効性を明らかにしている。

DNAの反応制御には、温度制御、制限酵素の投入、光応答性DNAなどが利用される。特に、光は遠隔点からの非接触な操作手段として有用である。ただし、光応答性DNAでは可視光と紫外光の2波長域だけの光信号に対する分子応答が用いられており、その自由度は著しく限定されている。しかし、光応答性DNAの利用形態にはさまざまな方式が考えられ、より効果的かつ汎用性の高い計算モデルの構築は重要な課題となっている。

本論文では、光入力型DNAオートマトンの計算モデルを導入した処理系のフレームワークを構築し、原理確認実験によりその実装方式の有効性を評価している。一章では、DNAコンピューティングにおける光入力型DNAオートマトンの位置づけと、光入力型DNAオートマトンの特徴が示されている。二章では、光入力型DNAオートマトンの計算モデルと状態遷移モデルが提案されている。三章では、オートマトン制御部をナノサイズで構成する手法が検討されている。四章では、オートマトン制御部の構成要素となるDNA構造体が提案され、動作確認実験の結果が示されている。五章では、拡張性を考慮したオートマトンの構成として、DNA塩基配列をオートマトンの内部状態に割り当てる方式が検討され、分子実験による結果が示されている。六章では、本論文で提案した光入力型DNAオートマトンの実装方式を比較し、今後の展望が明らかにされている。

本論文の成果は、生体に関連するナノスケール情報に対する汎用的な処理の実現可能性を明らかにするものである。また、提案された光入力型オートマトンの計算モデルは、光ナノ情報処理技術をナノテクノロジーやバイオテクノロジーに展開する上で必要となる基盤技術として重要な役割を果たす。よって、博士(情報科学)の学位論文として価値あるものと認める。

氏名	まつもと 松本 光弘
博士の専攻分野の名称	博士 (情報科学)
学位記番号	第 25283 号
学位授与年月日	平成 24 年 3 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 情報科学研究科情報数理学専攻
学位論文名	個人を対象にした人間行動マイニングに関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 沼尾 正行 (副査) 教授 藤崎 泰正 准教授 栗原 聡 准教授 梅谷 俊治

論文内容の要旨

近年、ユビキタス社会の次世代情報化社会であるアンビエント社会実現のための研究が盛んに行われている。アンビエント社会とは、環境に埋め込まれたコンピュータがその個人にアクセスすることで、その人の状況に合わせた情報提示を行うことが実現された社会のことである。個人に適切な情報を提示するためには、個人の意図をコンピュータが理解する必要がある。人の意図を理解することは難しいが、人同士であれば、いつも行動を共にする相手に対して、その人の癖や習慣の行動から、次の行動を予測するといったことが可能である。人間行動マイニングとは、人が他人の行動をある程度予測するように、人の行動を知覚・分析することによって、その人の習慣的な行動を抽出し、その人の行動意図を予測するものであり、アンビエント社会にとっては、必要不可欠な技術である。人間行動マイニングを考えると、3種類の行動マイニングが存在する。以下に3つを示す。(1) 実環境での振る舞いを対象とするマイニング実世界での人の軌跡や行動履歴を用いて、行動予測や異常行動発見などを行う。(2) 携帯端末での振る舞いを対象とするマイニング携帯端末の利用履歴と実世界の状況(ユーザの位置や時刻)から、携帯端末の操作を予測する。(3) PC・インターネットでの振る舞いを対象とするマイニング(A) PC内におけるユーザの振る舞いを知覚する。(B)インターネット(Web)上でのユーザの振る舞いを知覚する。

(1)に関する研究においては、室内だけでなく屋外での行動予測等、さまざまな研究がされており、本論文の対象としない。本論文では、(2)と(3)に焦点を当てる。(2)、(3)において、本研究の目的とするところは、ユーザの行動をコンピュータが知覚して、ユーザに必要な情報を提示することである。(2)では、ユーザのコンテキストをコンピュータが知覚し、さらに、そのコンテキストにおいてユーザが所望とするアプリケーションを推薦することで、ユーザにとって有用なアプリケーションが推薦されることを示す。(3)においては、ユーザのファイル操作やウェブ閲覧履歴を用いて、ユーザのファイルと操作の関係をファイルイベントネットワークとして描画することで、ユーザの所望のファイルやウェブページを提示したり、ファイルの操作内容を思い出させたりすることができることを示す。情報が溢れた現在の情報化社会の中で、その人個人に合わせた情報推薦を行うには、人間の行動を分析する必要があり、本論文では、人間行動マイニングを行うことによって、個人に合わせた情報推薦が可能であることを示すことができた。

論文審査の結果の要旨

近年、ITが周囲の環境に行き渡り、環境側から人に情報やサービスを働きかけるアンビエント社会の実現のために様々な研究が盛んに行われており、このような社会を実現させるためには、人の行動を解析する必要がある。

本論文では、携帯端末とPC上の実世界よりもむしろ仮想世界における人の行動を分析し、それぞれのデバイスにおいて有用なサービスを行うための手法を提案している。

まず、携帯端末においては、スマートフォンやタブレット端末といった高機能な端末が普及しており、ユーザは様々な場所で便利なアプリケーションを利用できるようになった一方で、様々なアプリケーションを画面上的メニューやアイコンから選択しなければならず、ユーザの負担は大きい。そこで、本論文ではユーザの状況に合わせて利用されるアプリケーションを抽出する手法を提案している。ユーザの状況を離散化するために、ユーザの位置をクラスタリングし、学校や自宅といったある特定の範囲を抽出している。また、一日を3時間毎に8等分することによって、ユーザの時間と場所を考慮したアプリケーション推薦を行えるようにしている。ユーザの状況に深く関連したアプリケーションを抽出するために、EF-ICF(Event Frequency-Inverse Context Frequency)という手法を提案している。よく利用するアプリケーションはどのような状況であっても利用される可能性が高いため、これまでに利用頻度の高いアプリケーションとEF-ICFによって抽出されたアプリケーションの両方を推薦することで、ユーザの所望のアプリケーションを推薦することができると考えた。ナイーブベイズ法を用いて推薦した場合と、提案法による推薦をした場合の比較実験を行なうことにより、提案法の有用性を示している。

PCにおいては、タスク管理を行なうためにファイル操作とウェブ閲覧の履歴を用いて、ユーザの行動の可視化を行なっている。PCでの作業は時間が経つと忘れてしまいがちであり、PCの中にはファイルを作成した本人でさえその内容を思い出すことができないファイルが複数存在することがある。そのため、ファイルが自分にとって重要なファイルなのか、どのようなタスクに関係したファイルなのかが分からなくなる。そこで、本論文では、PC内におけるユーザのファイル操作とWebの閲覧履歴を用いて、ユーザのファイルと操作の関係をファイルイベントネットワークとして描画することを提案している。ファイル内を探索する方法や、キーワードによるファイル検索と提案法を比較し、さらに、提案法を用いたファイル検索システムに対するアンケートに被験者が答えることで、ユーザが所望のファイルやウェブページを提示したり、ファイルの操作内容を思い出させられたりすることを示している。

以上を要するに、本論文は人間行動マイニングによって、個人に合わせた情報推薦が可能であることを示しており、情報科学の発展に寄与するところが大きい。よって、博士(情報科学)の学位論文として価値のあるものと認められる。