

令和元年6月10日現在

機関番号：32660

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K21399

研究課題名（和文）Euler標数とベクトル値関数積分を用いた凸包に基づく複雑な形状認識問題への応用

研究課題名（英文）Complex-shape recognition of a convex hull based on the Euler characteristic and integrals of vector-valued functions

研究代表者

児玉 賢史（KODAMA, Satoshi）

東京理科大学・研究推進機構総合研究院・研究員

研究者番号：60632552

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：形状認識問題に対する対処法について研究を行った。特に、複雑形状認識を行うために不可欠となる任意点の内外判定に着目して問題解決を図った。

3次元における複雑形状を正確かつ高速に処理することは、VRやAR、CGといった分野にとどまらず、3Dプリンタにおけるモデリング等にも必要不可欠な技術である。しかしながら、3次元形状の場合、2次元形状と異なって、一般にデータ数が膨大になってしまう傾向があり、また、それに伴って、計算量が増加してしまうといった問題が発生する。そこで、正確かつ高速に結果を出力するために、角度を用いた方法や並列処理に基づいた方法にも着目し、併用することで、解決できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般に、理論的な計算と異なって、計算機を用いて数値計算を行った場合、誤差が生じることが知られている。特に、本研究のような3次元形状を対象とした場合、膨大なデータに対して複雑な演算を行うため、微小な誤差が計算過程で蓄積され、最終的に誤差に留まらない結果を出力してしまう。そこで、本研究では、可能な限り処理を分散させて誤差の蓄積を生じさせないアルゴリズムについて検証を行った。また、その過程において、処理速度の低下を防ぐために並列分散処理についても検討を行った。本研究で得られた成果は、3次元形状認識問題を解決するだけでなく、誤差拡大問題へのアプローチや、並列分散処理に対しても有効に働くと考えられる。

研究成果の概要（英文）：We have studied a new approach to shape-recognition problems. In particular, we focused on a method for determining the inclusion of an arbitrary point, which is indispensable for the recognition of complex shapes.

Quick and precise processing of complex shapes in three dimensions (3D) is essential not only for VR, AR, and CG but also for modeling tasks such as those involving 3D printers. However, cases involving two dimensions, 3D data tends to be significantly larger, which increases the amount of computation required accordingly. Therefore, we have shown that precise and fast output is possible by combining two methods.

研究分野：複雑形状認識、複雑形状解析、並列コンピューティング、分散ネットワーク、クラウドコンピューティング

キーワード：複雑形状認識 複雑形状解析 並列分散処理 並列コンピューティング 分散ネットワーク

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

複雑形状の解析を正確かつ高速に処理することは、形状把握を行う上で必要不可欠な研究である。特に、近年、Virtual Reality (VR) や Augmented Reality (AR) といった分野のみならず、3D プリントにおけるモデリング、物体の接触判定等にも必要となっている。しかしながら、これまでと異なり、近年、必要とされている高精度化されたオブジェクト(データ)に対して従来の手法では、非常に負荷がかかってしまうのが現状である。一般に、3次元形状の場合、簡易的なオブジェクトを除いて、データ数が膨大となってしまうことから、必然的に計算量が増加するといった傾向が挙げられる。また、計算機を用いて、数値計算を行った場合、誤差が発生することが知られているが、大規模データに対して演算を行った場合、微小な誤差が蓄積することで、最終的に誤検出等が発生してしまうといった問題が発生してしまう。すなわち、単純に線形代数学に基づく手法を用いた場合、計算速度の低下や誤差の拡大といった問題に至ってしまうというのが現状である。

### 2. 研究の目的

研究の主目的は、非凸形状を含む雑形状認識問題に対しての普遍的なアプローチである。現在、3次元複雑形状の解析においては、主に、直線(ray tracing)等を用いて領域を分割・識別する「内外判定法」や凹みやくびれ等を検出する「形状探索法」等が挙げられるが、複雑形状においては、対象となる面が直線と並行である場合や、1次元序列化が不可能であることから普遍的な対処法がない。また、実際に計算機を用いて処理を行った場合、先述したように、複雑な計算を複数回行うことで、処理速度の低下や、誤差の拡大が大きな問題となっている。そこで、それらの問題に対応できる対処法を研究することが目的である。

### 3. 研究の方法

(1) 一般的な計算機で処理した場合でも誤判定を起こすことなく、適切に判定処理が行えることを示すために、球面三角形(非ユークリッド幾何学)に基づく方法で内外判定を行うこととする。しかしながら、その一方で、本手法は角度を用いた方法であるため、解析に時間がかかってしまうことが想定できることから、GPU(並列演算を高速に行うためのデバイス)を利用した方法についても選択肢に入れることとする。

(2) 非ユークリッド幾何学に基づく方法は、演算処理が複雑になってしまうことから、アルゴリズムが比較的単純であるベクトルを用いた方法も利用する。また、除算による誤差拡大を可能な限り減らすために、外積等を用いることとする。

(3) 3次元複雑形状の解析において、高速化を図るため、分散処理が可能である(演算に際して依存関係を減らす)アルゴリズムについても追究する。そこで、ネットワークを用いた並列分散処理を利用する。また、3次元形状の分散処理に適したパケットの構造や、ネットワークのトポロジーについても最適化したシステムを構築する。

### 4. 研究成果

(1) 球面三角形を用いた場合、適切に内外判定が行えることを示した。ただし、角度を用いた方法であることから、想定していた通り、判定処理に時間がかかってしまった。そこで、当初の予定に従い、GPUを用いることで高速化を図った。なお、本手法は、ベクトルに基づく判定法と異なり、分岐処理を行う必要がないため、一般的なCPUを用いた場合よりも、GPUに適したアルゴリズムだと考えられる。また、計算過程の依存関係を考慮する必要がないことから、後述の(3)も利用することでさらなる高速化が可能であると思われる。

(2) ベクトルによる判定処理の場合、(1)と異なって角度を利用するような複雑な計算を行う必要がないため、一般的なCPUであっても高速に判定を行うことが可能であった。また、外積等による除算を用いない方法で、誤差の拡大を防ぐことが可能であることを示すことができた。しかしながら、分岐処理を多用するため、GPUによる演算には不向きであると考えられる。ただし、後述の(3)を用いた場合、一般的なCPUを並列に用いることから、本手法であっても有効に対処できると思われる。

(3) ネットワーク上に配置したPCによる並列分散処理を行った方が、単独のCPUで処理するよりも高速に判定結果をアウトプットできることを示した。さらに、分散処理に適したネットワークについても、これまでのTCP(ネットワークプロトコル)を拡張することで高速化できる可能性を示した。言い換えると、形状解析において、通信速度のほうが演算速度よりもオーバーヘッドが大きい場合が散見されたため、データの埋め込み技術を追求することで、転送回数を減らして、高速化できる可能性を見出した。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 8 件)

[1] S. Kodama, R. Nakagawa, Transport Tunneling System with A Communication Hacking

Framework, ICTACT Journal on Communication Technology, 9, 4(2018), 1918-1922.

- [2] S. Kodama, Effectiveness of inside/outside determination in relation to 3D non-convex shapes using CUDA, The Imaging Science Journal, DOI: 10.1080/13682199.2018.1497251, 2018.
- [3] S. Kodama, R. Nakagawa, T. Tanouchi, Proposal of a Transparent Relay System with vNIC for Encrypted Overlay Networks, International Journal of Computer Science and Information Security, 15, 8(2017), 149-157.
- [4] S. Kodama, Verification of Efficacy of Inside-Outside Judgement in Respect of a 3D-Primitive Shapes Using GPGPU, International Journal of Modern Research in Engineering and Technology, 2, 3(2017), 1-11.
- [5] S. Kodama, R. Nakagawa, T. Tanouchi, Proposal of a Foundation to Provide a TCP Service with Cooperative Applications, International Journal of Computer Networks and Communications Security, 5, 7(2017), 153-164.
- [6] S. Kodama, R. Nakagawa, T. Tanouchi, A Research on the Integrated Virtual Platform for Managing Multiple Services, World Scientific and Engineering Academy and Society - Transactions on Information Science and Applications, 14, 12(2017), 102-111.
- [7] S. Kodama, R. Nakagawa, T. Tanouchi, Proposal of Software-Defined Management System for Hierarchical Local Area Network, Journal of Convergence Information Technology, 11, 5(2016), 40-53.
- [8] S. Kodama, R. Nakagawa, T. Tanouchi, Proposal of the Management System in LAN by using vNIC and Unique ID, International Journal of Computer Networks and Wireless Communications, 6, 4(2016), 11-16.

〔学会発表〕(計 7 件)

- [1] S. Kodama, R. Nakagawa, Packet Tagging System Using Adaptive MSS Clamping on TCP, The 9th IEEE Annual Computing and Communication Workshop and Conference, 2019.
- [2] S. Kodama, R. Nakagawa, Integration of Multiple IP Domains in Low-cost and Security-oriented Small Networks, The Tenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks, 2018.
- [3] S. Kodama, R. Nakagawa, An Approach to Communication for ICN and MANET Using a Softwarized Infrastructure, The 9th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics, 2018 年.
- [4] K. Sato, R. Nakagawa, S. Kodama, The Proposal of an Acceleration for Inside and Outside Judgment Using CUDA, The 2017 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications, 2017 年.
- [5] S. Kodama, R. Nakagawa, T. Tanouchi, Proposal of the virtualized control system for the integrated management of multiple services, The 7th IEEE Annual Computing and Communication Workshop and Conference, 2017.
- [6] S. Kodama, R. Nakagawa, T. Tanouchi, S. Kameyama, Management System by Using Embedded Packet for Hierarchical Local Area Network, The 7th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference, 2016 年.
- [7] 小瀬木 悠佳, 亀山 眞也, 児玉 賢史, 明石 重男, 空間上に配置された複数レーザー光を

用いたユーザーインターフェースの提案(A Proposal for the User Interface by Using Laser Devices Arranged in a Three Dimensional Space), 第 15 回情報科学技術フォーラム, 2016 年.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

第 15 回情報科学技術フォーラム FIT 奨励賞(空間上に配置された複数レーザー光を用いたユーザーインターフェースの提案(小瀬木 悠佳, 亀山 眞也, 児玉 賢史, 明石 重男))

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号(8桁)：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名： 中川 令

ローマ字氏名： Nakagawa, Rei

研究協力者氏名： 小瀬木 悠佳

ローマ字氏名： Ozeki, Yuka

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。