

各報道機関文教担当記者 殿

世界最高精度・最高速度で点群位置合わせ問題の 解を見つけるアルゴリズムを発見！ ～コンピュータグラフィックスなどの分野に貢献～

金沢大学理工研究域生命理工学系の広瀬修助教は、点群位置合わせ問題を解くための新たなアルゴリズムを発見し、複数の典型的な点群位置合わせ問題に対して、世界最高精度かつ最小計算時間で解を見つけることに成功しました。

点群位置合わせ問題とは、それぞれが点の集まりで表現される2つの形状に対して、対応する点の位置を合わせることで、点と点の対応関係を推定する問題です。この問題は、本人認証のための3次元顔認識や、人物写真からの3次元フェイスモデルの復元など、その応用が非常に多岐にわたるため、コンピュータグラフィックスやコンピュータビジョンの分野で重要視されています。しかしながら、既存の手法の多くは自動位置合わせを行う際、予備的な位置合わせが必要であるという問題がありました。

本研究では、点群位置合わせ問題に対し、これまで試みられることのなかった、ベイズ統計学(※1)に基づいた定式化を行うことで、この問題を飛躍的に軽減させることに成功しました。また、既存の点群位置合わせ手法の多くはその計算コストが非常に大きく、点群に存在する点の数が数万点規模になると、非常に多くの計算時間を必要とするという問題がありました。これらの問題に対し、本研究では一部の計算を計算効率の良い近似計算に置き換えることで、位置合わせ精度を低下させることなく飛躍的に計算速度を向上させることに成功しました。

これらの知見は将来、人物写真からの3次元顔モデルの復元や本人認証のための3次元顔認識などに利用されることが期待されます。

本研究成果は、2020年2月6日(米国東海岸標準時間)に機械学習・人工知能分野で最も権威があるとされる国際誌『*IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*』に掲載されました。

【研究の背景】

点群位置合わせ問題とは、それぞれが点の集まりで表現される 2 つの形状に対して、点と点の対応関係を推定する問題です。ここで「形状」とは、人間の体や顔というように、互いに類似していながら、その形状に多様性があるものを想定しています。例えば人間の顔を例にとると、瞳の中心位置には個人差があるものの、瞳の中心位置という観点から対応関係があると考えられます。このような対応関係は、一方の形状を緩やかに変化させ、もう一方の形状に重ね合わせることで推定することができます。この点と点の対応関係を推定する問題が点群位置合わせ問題です。形状を構成する点の数は数百万点にも達するため、この対応関係の推定はコンピュータを利用して自動化されます。しかし、最も高速とされる既存手法を利用した場合であっても、10 万点規模の位置合わせには非常に多くの計算時間を要するため、位置合わせの推定精度を失うことなく、より少ない計算時間で解を見つけるアルゴリズムの発見が期待されていました。さらに、既存手法には自動推定の前にある程度の予備的な位置合わせが不可欠であるという問題があり、予備的な位置合わせの必要がないアルゴリズムの発見が望まれていました。

【研究成果の概要】

本研究では、点群位置合わせ問題を、ベイズ統計学における事後確率最大化（※2）の問題として捉え、変位場の滑らかさ（※3）を事前分布（※4）によって導入するという、全く新しい定式化を行いました。その結果、典型的な位置合わせ問題に対して、予備的な位置合わせが不十分であったとしても解を見つけることができるアルゴリズムを発見しました。また、発見したアルゴリズムに対して、一部の途中計算を近似計算に置き換えることにより、世界最高速度で点群位置合わせ問題を解くことに成功しました。例えば、約 10 万点で構成される 2 つの点群データ（図 1：左端）に対し、現在最も効率的とされる手法を用いると 3 時間程度要する位置合わせを、本手法では 2 分弱で終わることができました。この高速計算には近似計算を利用しているにもかかわらず、位置合わせ精度の低下が無視できるほどに小さいことが数値実験の結果から判明しています。

【今後の展開】

コンピュータグラフィックス (CG) やコンピュータビジョンの分野で点群位置合わせ問題が重要視されるのは、その応用が非常に多岐にわたるためです。例えば、現在スマートフォンで利用される顔認識による本人認証は、点群位置合わせの応用と解釈することができます。また、ある 2 人の顔の 3D 形状を自然に合成する「モーフィング」と呼ばれる作業は、点群位置合わせを経由しても行うことができます。それ以外にも、例えば、故人であるオードリー・ヘプバーンの 3D フェイスモデルを 1 枚の写真から復元するという有名な研究報告がありますが、この作業にも形状の位置合わせが利用されています。このように応用が多岐にわたる点群位置合わせを高速化・高精度化できたことから、本研究で確立した手法がこの分野での基礎技術として利用されることが期待されます。

一方、本手法にはまだ改善の余地があります。本手法は既存の手法に比べ計算速度を飛躍的に向上させているものの、対象となる点群に存在する点の数が数百万点に及ぶ場合にはやはり計算時間が課題になります。現在、このような数百万点規模であっても数分程度で位置合わせを行う手法の開発を進めています。予備的な実験ではすでに非常に良好な結果が得られており、改良を進めることでさらなる発展を見込んでいます。

本研究は、日本学術振興会科学研究費助成事業の支援を受けて実施されました。



図 1. アルマジロと呼ばれるデータに対する本手法の適用結果

赤色の形状は青色の形状を非剛体変形することで作成されており、単に形状の回転を行うだけでは位置合わせできない形状である。最も左端の図が最適化前の初期配置を表しており、自動位置合わせを行う前の予備的な位置合わせが行われていないことが分かる。以降、最適化の経過が左から右に順に示されている。本手法を適用した結果、各々の形状は 10 万点以上であるにもかかわらず、2 分程度の計算時間で高精度の位置合わせに成功した。なお、このデータに対して現在最も高速とされる手法を利用した場合、予備的な位置合わせを行うことで同様の位置合わせを行えることを確認できたものの、計算を終えるまでに 3 時間程度必要であった。

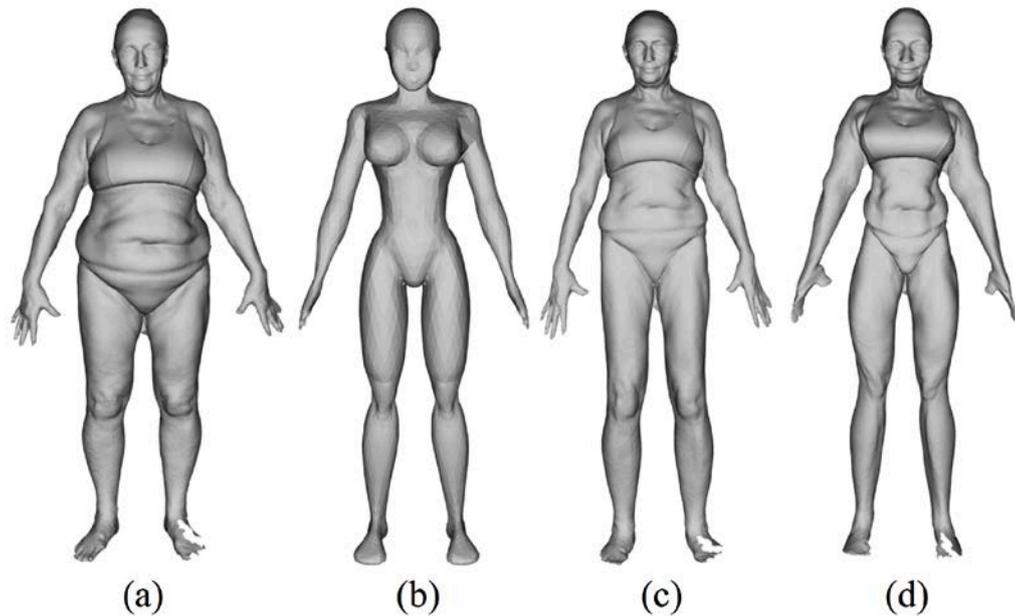


図 2. 本手法の応用例

(a) 位置合わせの移動元形状。(b) 位置合わせの目標形状。(c)位置合わせの結果。形状(a)が形状(b)に近付いていることが分かる。(d)2度目の位置合わせ結果。形状(a)がさらに形状(b)に近付いていることが見て取れる。この技術を使って新しい3DCGキャラクターを自動生成することができるため、3DCGデザイナーの労力削減が期待できる。

【掲載論文】

雑誌名：IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence

論文名：A Bayesian Formulation of Coherent Point Drift
(近傍点共変動法のベイズ推定による定式化)

著者名：Osamu Hirose (広瀬 修)

掲載日時：2019年2月6日(米国東海岸標準時間)にオンライン版に掲載

DOI：10.1109/TPAMI.2020.2971687

【用語解説】

※1 ベイズ統計学

通常の統計学と同じように、データから何らかの推測を行うための方法論について議論する。ベイズ統計学は、その推測の際に、推測の確からしさを向上させるための知見の導入を許容するという点で、通常の統計学と異なる。

※2 事後確率最大化

何らかの因果関係に対して、観測した結果を前提としたときに、考えられる原因が真である確率を事後確率と呼ぶ。ベイズ統計学では、考えられる原因の中から、事後確率を最大にするものを見つけることで合理的な推測を行う。ベイズ統計学におけるこのような推測の過程を事後確率最大化と呼ぶ。

※3 変位場の滑らかさ

物体の形状を変化させる際に、全体的な形状は柔軟に変化するものの、局所的な形状はあまり変化しないという仮定。この仮定が位置合わせ精度を飛躍的に向上させることが、この研究分野の初期の段階から知られている。

※4 事前分布

ベイズ統計学において、推測をより確かなものにするために導入される「知見」のようなもの。点群位置合わせ問題に対する本研究のアプローチでは、変位場の滑らかさが事前分布として導入される。

【本件に関するお問い合わせ先】

■研究内容に関すること

金沢大学理工研究域生命理工学系 助教

広瀬 修 (ひろせ おさむ)

TEL : 076-234-4839

E-mail : hirose@se.kanazawa-u.ac.jp

■広報担当

金沢大学総務部広報室広報係

嘉信 由紀 (かしん ゆき)

TEL : 076-264-5024

E-mail : koho@adm.kanazawa-u.ac.jp

金沢大学理工系事務部総務課総務係

永森 理一郎 (ながもり りいちろう)

TEL : 076-234-682

E-mail : s-somu@adm.kanazawa-u.ac.jp