

クラウド PaaS 上での多人数インタラクティブ遺伝的アルゴリズムによるスケーラブルな 3D モデリング

瀬山 貴仁^{1,a)} 坂東 信太郎¹ 棟朝 雅晴^{2,b)}

概要：本論文においては、ユーザーの負担を軽減するために、多人数が協調して解の評価を行うインタラクティブ進化計算の実装について議論する。実装にあたっては、クラウド PaaS(Platform as a Service) 基盤を前提としたスケーラブルなシステムを実現するためのシステム設計を行った。

1. 導入

近年、3D コンピュータグラフィックスはコンピューターの急速な発展により、高品質の 3D 画像が PC やゲーム機で得られるようになった。また 3D モデリングは、3D プリンターの普及や Google の SketchUp やメタセコイアなどのソフトウェアにより簡易化され一般的になっている。しかし、依然として 3D モデリングでは簡易化は課題の一つであり、3D モデリングを支援するシステムは必要不可欠である。また、3D モデリングのような人の主観的な評価に基づく問題では、計算機技術のみによる最適化の手法には適していない。そこで本研究では、人と計算機の相互作用によって最適化を行う進化計算である対話型遺伝的アルゴリズムを用いた。[1], [2], [3], [4], [5]

対話型遺伝的アルゴリズムでは、従来の遺伝的アルゴリズムの評価・選択・終了といった操作をユーザーが行うことで、定量的に評価が困難な芸術や音楽、デザイン、文章支援などの分野への適応を可能としている。しかし、対話型遺伝的アルゴリズムでは、これらの遺伝的アルゴリズムでは自動化されていた操作を手動で行うことによって、ユーザーの疲労や母集団サイズが小さいといった問題が生じてしまう。また、探索効率を上げるために母集団サイズを大きくするとユーザーの負担が増大し、ユーザーの負担を減少するために母集団サイズを小さくすると探索効率がさがってしまう。従来の研究では、突然変異率の変化や過去の遺伝子を利用することでそれらの問題の解決を図り、一定の負担を軽減することはできた。しかし、それらの問題が完全に解消されたわけではない。そのため、本研究で

はそれらの研究を踏まえ別の観点から解決を図る必要がある。そこで本研究では、多人数で対話型遺伝的アルゴリズムを行い、同一の遺伝子プールを共有し他ユーザーのアイデアを得ることで評価回数の減少し、ユーザーの負担を軽減した。また、近年のグローバル化によって意識の変化が現れ、多様な文化や価値観が形成されている。人の感性に基づく 3D モデリングやデザインでは、影響が顕著に現れている。そのため、3D モデリングに多人数による対話型遺伝的アルゴリズムを適用させることによって、評価回数の減少によるユーザーの負担の軽減だけでなく、多様な 3D モデルの提供することも可能である。

しかし、そのような手法ではシステムに過負荷が生じてしまう可能性がある。そのため本研究では、過負荷による遅延によってユーザーの精神的疲労を生じることを防ぐためにスケーラブルなシステムを構築した。スケーラブルなシステムの構築には従来のサーバー・クライアント型コンピューティングに代わる新たな利用形態として注目されているクラウドコンピューティング技術を用いた。[6], [7], [8] また、コストや可用性、スケーラビリティなどのクラウドコンピューティングの利点に加え、システムに拡張性や柔軟性を加えるためにオープンソースのクラウド基盤ソフトウェアを用いた。[9] また、データベースについてもスケーラビリティについて考慮しなければならない。従来の SQL を用いたリレーショナルデータベース管理システムでは、複数台で分散して管理することや大規模化するシステムには適していない。そこで本研究では、汎用的なハードウェアを並べ、あたかも一つのシステムのように膨大なデータを処理できる NoSQL を用いた。また、NoSQL の中でもドキュメント指向型のデータモデルである MongoDB を用いることで柔軟で豊富な機能を実現した。[10]

また本研究では、多人数で同一の遺伝子プールを共有し

¹ 北海道大学大学院情報科学研究科 Sapporo 060-0811, Japan

² 北海道大学情報基盤センター Sapporo 060-0811, Japan

^{a)} cronaldo-man7@ec.hokudai.ac.jp

^{b)} munetomo@iic.hokudai.ac.jp

ているため、解の多様性や個人の嗜好を失う恐れがある。そのような問題を解決するために本研究では、k-means 法によるクラスタリングを行い、クラスター毎に新たな個体の生成や評価値の低い個体の削除を行った。[11], [12]

本研究では、これらの要素を満たした Web アプリケーションのプロトタイプを作成し検証を行った。本論文では、構築したシステムや用いた技術についての概要を説明する。

2. 提案するシステムの構成と実装

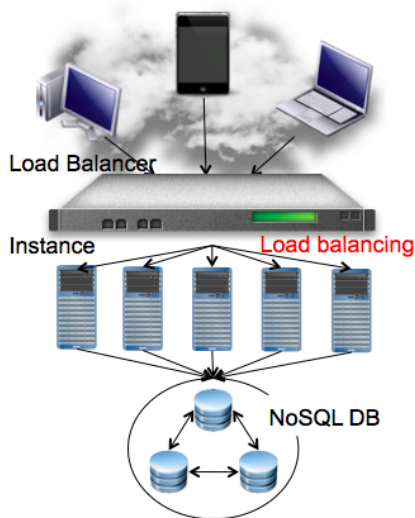


図 1 システムの全体図

本研究では、多人数の対話型遺伝的アルゴリズムを用いた 3D モデリングを実現するために、Web アプリケーションのプロトタイプを作成した。近年、コンピューターの爆発的な普及により大量のアクセスやアクセス数予測が困難なため、大規模な web アプリケーション開発では柔軟でスケラブルなシステム構築が求められている。そのため本研究では、クラウドコンピューティングを用いることで柔軟性・可用性・スケラビリティに優れたシステムを構築した。

またデータベースに関しても同様の事が言える。従来のデータベース技術の主流であるリレーショナルデータベース管理システムでは、豊富な機能やデータの一貫性に優れているが、スケールアウトによる性能向上が困難である。そのため、柔軟性・拡張性が求められる大規模な Web アプリケーションには適していない。そのため、本研究では分散アーキテクチャを採用することでスケールアウトによる性能向上を可能としている NoSQL を用いた。また、NoSQL のデータモデルの一つであるドキュメント指向型のデータベースを用いることで豊富な機能を実現した。

システム全体の概要は、図 1 に示す。ユーザーは PC やスマートフォン、タブレットなどのデジタル機器からイン

ターネットを介して作成した Web アプリケーションのプロトタイプに割り当てられた URL にアクセスし、3D モデルの評価を行う。ユーザーの評価値は HTTP リクエストとして送られ、ロードバランサーによって負荷分散される。インスタンスでは iGA プログラムが実行され、スケールアウトによって容易に性能向上が可能である。また、値や結果はスケラビリティに優れた豊富な機能を持つドキュメント指向型データモデルの NoSQL データベースに保存される。

2.1 システムの実装

1. 初期集団 (集団サイズ: N) を生成する
2. 提示個体 (提示個体数: M) を表示
3. ユーザーによる評価/最適解があれば終了
4. 評価値の更新
5. 遺伝子に基づき k-means 法によるクラスタリングを行う
6. 評価値に基づき交叉を行う 2 つの個体を選択
- 7 交叉・突然変異を行い新たな個体を生成 (評価値は選択された 2 つの個体の平均)
8. 評価値の低い個体を 1 つ削除する
- 9.6~8 をクラスター毎に行う
10. 評価値に基づき提示する個体を選択
- 11.2 に戻る

図 2 プログラムの実行手順

本研究では、実験的に VMWare が提供している「cloud-foundry.com」のサービスを用いた。[13] このサービスは、無料でアカウントを取得し、cf と呼ばれるコマンドラインツールを使用することで Cloud Foundry で実装されている PaaS を使用することができる。使用できるリソースは限られているが、自らの環境に Cloud Foundry 環境を構築した時と同じように操作・動作が可能となるため、今回はこのサービスを用いることで動作確認を行う。また、「cloudfoundry.com」では Graphical User Interface (GUI) や Command Line Interface (CLI) による操作が可能である。

また、ドキュメント指向型データモデルの NoSQL データベースには MongoDB を用いた。MongoDB では、JSON によって記述されたドキュメントをデータモデルとして保存・管理し、ドキュメントの集合をコレクションとして管理している。また、結果整合性を保障し、MapReduce やインデックス機能などの豊富な機能を持っている。(reference: NOSQL の基礎知識)

今回作成したアプリケーションのプロトタイプでは、インスタンス数・メモリの性能・使用したデータベース・データベースの容量は以下のように設定しシステムを構築した。

インスタンス数: 3

メモリの性能：512MB
データベース：MongoDB
データベースの容量：0.5GB

また、アプリケーションのプロトタイプは、図2の実行手順に従って実行される。

2.2 3D モデリングの実装

```
shape_tem - 編集済み

Transform{
  translation -1 -2 -3
  children[
    Shape {
      geometry Box {
        size 1 2 3
      }
      appearance Appearance {
        material Material {}
      }
    }
  ]
}
```

図3 物体の例

```
VRML V2.0 utf8
NavigationInfo {
  type ["EXAMINE","ANY"]
}
Background {
  groundColor 0.000000 0.000000 0.000000
  skyColor 0.000000 0.000000 0.000000
}
DirectionalLight {
  intensity 1.000000
  ambientIntensity 0.200000
  color 1.000000 1.000000 1.000000
  direction -0.691714 -0.691714 -0.207514
}
Viewpoint {
  position 0.0 0.0 20.0
}
Transform {
  translation x y z
  children [
    OBJECT 1
    OBJECT 2
    .....
    OBJECT N
  ]
}
```

図4 VRML ファイルのテンプレート

本研究では、VRMLの物体ノードを Transform ノードでグループ化し合成を行った。[14] 使用する物体ノードは Box・Sphere・Cylinder ノードである。それぞれの物体ノードには、座標移動を定義するフィールドがないため単体の物体ノードを Transform ノードでグループ化することで座標移動している。それぞれのフィールド値は、大きさを表すフィールド値 x は $(1 \leq x \leq 4)$ 、物体の中心座標を表すフィールド値 y は $(-3 \leq y \leq 3)$ である。

また、VRML ファイルは embed タグで HTML に埋め込み可能である。

(例：`< embed src="VRML0.wrl" width="300" height="200">`)

図3では Transform ノードによって合成される物体の

例、図4では使用した VRML ファイルのテンプレートを表している。図3の例では、 x 方向に1、 y 方向に2、 z 方向に3の大きさの立方体の中心が座標 $(-1,-2,-3)$ にあることを表している。図4では、“OBJECT”の部分に図4のような例に従い遺伝子を変換することで、 N 個の物体が合成され一つの物体として表される。また Transform ノードの translation フィールドでは、合成された物体の重心 (a,b,c) を計算し、 $x=-a,y=-b,z=-c$ とすることで合成された物体の中心を原点に座標移動している。

2.3 対話型遺伝的アルゴリズムの実装

対話型遺伝的アルゴリズムの選択方法・交叉方法・突然変異率・集団サイズ・提示個体数・初期評価値は以下のよう

- 選択方法：ルーレット方式
- 交叉方法：2点交叉
- 突然変異率：3%
- 集団サイズ：100
- 提示個体数：8
- 初期評価値：5
- クラスター数：10

また本研究では、遺伝子は物体の形状・物体の大きさ・物体の中心座標から構成されており、7bit で一つの物体を表している。遺伝子情報の詳細は以下に示す。

対話型遺伝的アルゴリズムの遺伝子情報

1. 物体の形状 (0 : Box, 1 : Sphere, 2 : Cylinder)
2. 物体の大きさ a (Box : 中心値の x 座標, Sphere : 半径, Cylinder : 半径) ($1 \leq a \leq 4$)
3. 物体の大きさ b (Box : 中心値の y 座標, Cylinder : 高さ) ($1 \leq b \leq 4$)
4. 物体の大きさ c (Box : 中心値の z 座標) ($1 \leq c \leq 4$)
5. 物体の中心値の x 座標 ($-3 \leq x \leq 3$)
6. 物体の中心値の y 座標 ($-3 \leq y \leq 3$)
7. 物体の中心値の z 座標 ($-3 \leq z \leq 3$)

2.4 Web アプリケーションのプロトタイプ

アプリケーションのプロトタイプは、主に JAVA によって記述されている。HTML ページの出力・選択した値の送信は JSP で行い、それ以外の処理はサーブレットで行った。

また、アプリケーションのプロトタイプでは、主に3つ操作によって対話型遺伝的を用いた3Dモデリングを行う。Initialization ボタンでは、個体とデータベースの初期化を行う。遺伝子初期化では、対話型遺伝的アルゴリズム実装の概要で示した遺伝子情報のパラメーターの範囲内でランダムに遺伝子を生成する。また評価値は5にリセットされ

る。次に Crossing ボタンでは、提示された 8 つの個体についてのユーザーの評価を IGA プログラムに送り、個体の評価値の更新・クラスタリング・交叉・突然変異・個体の削除などを行い、新たな提示個体をユーザーに提示する。また、個体の評価は、Good が評価値+1、Normal が評価値 ± 0、Bad が評価値-1 である。デフォルトでは Normal が選択されている。最後に、満足する個体が生成した場合にその個体の Fin ラジオボタンを選択し、Finish ボタンを押すことで操作を終了する。

3. 動作確認

CloudFoundry 上にデプロイした web アプリケーションのプロトタイプを実際に動作させてみる。ブラウザにプラグインをいれ設定した URL(<http://medialabo.cfapps.io/>) にアクセスすると図 5 のように表示された。個体の評価を行い Crossing ボタンを押すと新たな個体が生成されていた。

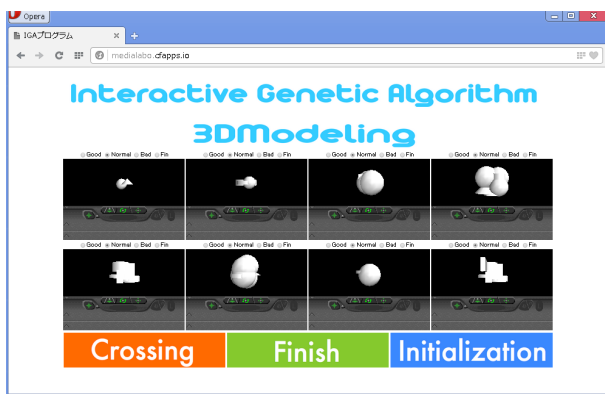


図 5 トップページ

4. 結論

本研究では、Cloud Foundry 上に 3D モデルが生成される Web アプリケーションのプロトタイプを作成し検証を行った。検証の結果、スケーラブルなシステムが構築され動作を確認することができた。

しかし、3D モデリング支援システムの実現のためには、形式文法のような物体の生成ルールや目的に沿った初期個体の生成などの問題点が挙げられる。これらの問題点に留意し、より実用的かつ新しい 3D モデリングの手法について研究を行いたい。

今後の課題としては、北大のプライベートクラウド上に Cloud Foundry 環境を構築し負荷実験を行うことで、大規模なシステムにおけるスケーラビリティに対する検証を行うことが第一に挙げられる。

対話型遺伝的アルゴリズムの観点からでは、パラメータの改良や求めた最適解の再利用、対話型遺伝的アルゴリズムの遺伝子を木構造にした対話型遺伝的プログラミン

グ (interactive Genetic Programming:iGP) への拡張などによる比較や検証が必要である。

多人数の協調についての観点からでは、k-means 法に変わる手法の検証や比較が必要である。

3D モデリングの観点からでは、形式文法のような生成ルールを定めて物体を生成することや初期個体を目的に沿ったモデルにすることについて検証や比較が必要である

謝辞 本研究は JSPS 科研費 22500196 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Hideyuki Takagi. "Interactive Evolutionary Computation: Fusion of the Capabilities of EC Optimization and Human Evaluation", Proceedings of the IEEE, vol.89, no.9, pp.1275-1296 (2001)
- [2] Alexandra Melike Brintrup , Jeremy Ramsden , Hideyuki Takagi. "Ergonomic Chair Design by Fusing Qualitative and Quantitative Criteria Using Interactive Genetic Algorithms", IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 12, no. 3 (2008)
- [3] Hee-Su Kim and Sung-Bae Cho. "Application of interactive genetic algorithm to fashion design", Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 13, no. 6, pp. 635 - 644 (2000)
- [4] Peter J.Bentley , David W.Corne. Creative Evolutionary Systems, Morgan Kaufmann (2001)
- [5] Peter J.Bentley. Evolutionary Design by Computers, Morgan Kaufmann (1999)
- [6] 城田 真琴. クラウドの衝撃, 東洋経済新報社 (2009)
- [7] 中田 敦ほか. クラウド大全, 日経 BP 社 (2009)
- [8] Peter Mell , Timothy Grance. The NIST Definition of Cloud Computing(NIST Special Publication 800-145)
- [9] 林 雅之. オープンクラウド入門, インプレス R&D (2012)
- [10] 大田 洋 ・ 本橋 信也 ・ 河野 達也 ・ 鶴見 利章. NOSQL の基礎知識, リックテレコム (2012)
- [11] J. B. MacQueen. "Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations, Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability", Berkeley, University of California Press, 1:281-297 (1967)
- [12] 山川 望. 対話型遺伝的アルゴリズムを用いたデザイン支援システムの構築. 第 1 9 回計算力学講演会講演論文集 , pp.193 - 194 (2006)
- [13] <http://www.cloudfoundry.com/> (2014/02/13)
- [14] <http://www.web3d.org/realtime-3d/>(2014/02/16)