

# 同期現象を用いた三次元データ圧縮アルゴリズムの構築

加藤 涼子<sup>†</sup> 藤原 克駿<sup>‡</sup> 稲葉 洋<sup>‡</sup> 廣瀬 誠<sup>‡</sup>

松江工業高等専門学校 電子情報システム工学専攻<sup>†</sup> 松江工業高等専門学校 情報工学科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

近年、計測技術の発展に伴い、研究や開発以外に個人が三次元データを扱う機会が増加しており、そのデータ容量の大きさから、送受信時に多大なネットワーク負荷をかけることが予想される。したがって、ネットワーク通信路にデータを流す前に、可能な限りデータを圧縮することが求められている。

一般的に三次元データの圧縮は、サーフェスモデルにおいてメッシュを統合することで実現されてきた[1]。しかし、この手法を用いた場合、対象物の特徴に合わせたしきい値の設定が必要となるため、圧縮対象により復元精度が左右されることが問題として挙げられる。

筆者らはこれまで、点群そのものの圧縮に着目し、同期現象を用いた距離画像圧縮手法の提案[2]、および人物の距離画像、多面体の距離画像における線形手法との圧縮効率・復元精度の比較[3]を行ってきた。その結果、チャンピオンデータとして圧縮率 5.87%、平均誤差 0.208mm の有用な結果を得た。そこで今回は、圧縮対象を三次元全周囲モデル(以下、三次元モデル)へ拡張し、高能率な圧縮を試みた。また、圧縮処理において同期現象を繰り返し適用することで三次元モデルに生じる形状の変化を可視化した。

## 2. 同期現象を用いた三次元データ圧縮

### 2.1 同期現象

同期現象とは、異なる振動数で振動している複数の振動子が、相互作用により一定の振動数に引き込まれる非線形に特有の現象である。同期現象を表す数理モデルの1つに Kuramoto モデルがあり、(1)式で表される[4]。ここで  $\theta_i$ [rad]は  $i$  番目の振動子の位相、 $\omega_i$ [rad/sec]は  $i$  番目の振動子の固有振動数、 $K$  は各振動子の結合強度、 $N$  は振動子の個数を表す。

$$\frac{d\theta_i}{dt} = \omega_i + \frac{K}{N} \sum_{j=1}^N \sin(\theta_j - \theta_i) \quad (i=1,2,\dots,N) \quad (1)$$

### 2.2 同期現象を用いた距離画像の圧縮

先行研究より、二次元画像において Kuramoto モデルを適用することで効率的な圧縮が可能であるという知見が得られている[5]。したがって

距離画像においても、各頂点を振動子、また頂点は座標値に応じた位相を持ち、それぞれの頂点が結合強度  $K$  で結合していると仮定し、Kuramoto モデルを適用することにより同様に圧縮することが可能と考えた。座標値と位相の対応イメージを図1に示す。図1のように距離画像の奥行き方向(Z軸方向)に対して一番手前にある頂点(Z軸方向最小値を持つ頂点)を最も位相が進んでいる頂点、反対に、Z軸方向最大値を持つ頂点を最も位相が遅れている頂点であると仮定し、それぞれ  $\pi/2$ 、 $-\pi/2$  の位相と仮定することで Z 軸方向の座標値と位相を対応付けることが可能となる。

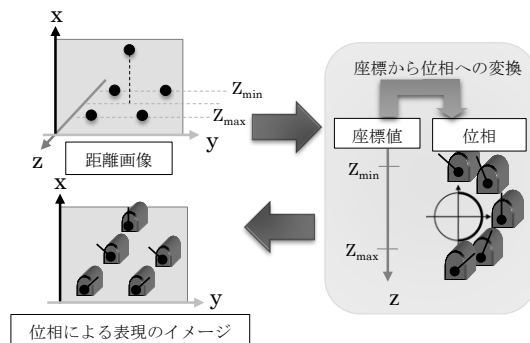


図1 座標値から位相への変換イメージ

### 2.3. 三次元データ圧縮への同期現象適用

距離画像の場合、ある視点に対する奥行き方向に1つの頂点が存在するのに対し、三次元モデルの場合、複数の頂点が存在するため、これまでのように頂点間の位置関係を考慮したデータとして扱うことが困難になる。そこで、頂点間の位置関係に依存しないデータとして圧縮処理を行うため、頂点の情報を一次元配列に格納し、処理を行う。圧縮手順を図2に示す。

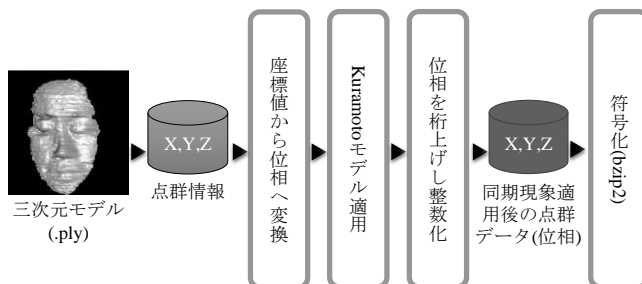
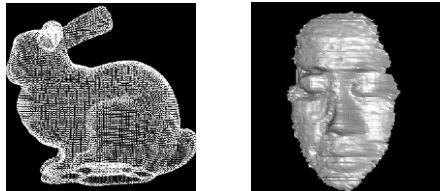


図2 三次元モデル圧縮手順

### 3. 実験方法

図 2 の手順のもと、しきい値を変化させながら圧縮・復元処理を行い、距離画像と三次元モデルの圧縮効率・復元精度を比較した。検証用の画像は図 3 の距離画像，三次元モデルを使用した。ここで、整数化時の桁上げ数は 3 桁で固定した。



(a)対象 1(三次元モデル) (b)対象 2(距離画像)

図 3 原画像

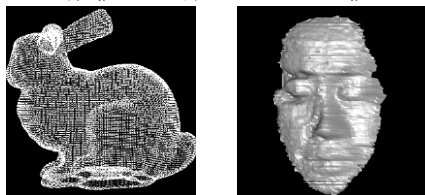
評価指標には圧縮効率および復元精度を採用する。圧縮効率は圧縮率 (2式)，復元精度は原画像の座標値に対する圧縮・復元処理後の三次元データの絶対誤差の割合 (平均誤差率) (3式)で評価する。

$$\text{圧縮率}[\%] = \frac{\text{圧縮後距離画像のサイズ}}{\text{原画像のサイズ}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{平均誤差率}[\%] = \frac{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |P_{j0} - P_j|}{P_{\max} - P_{\min}} \times 100 \quad (3)$$

### 4. 実験結果

圧縮・復元処理後の画像を図 4，圧縮率に対する平均誤差を図 5 に示す。ここで，図 5 のマーカー近傍の数値は圧縮時のしきい値である。



(a)対象 1(三次元モデル) (b)対象 2(距離画像)

図 4 圧縮・復元後画像(しきい値: 0.2)

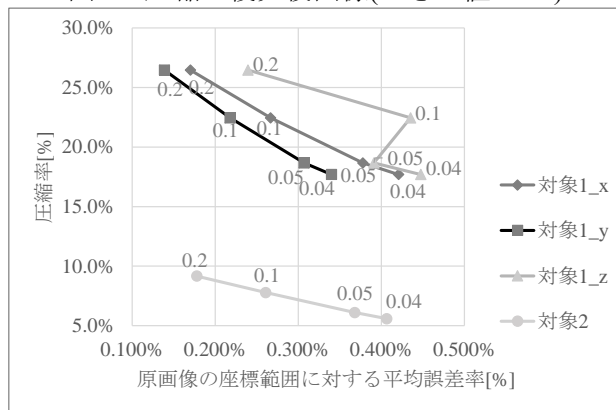


図 5 圧縮率に対する平均誤差率

図 5 より，対象 1 と対象 2 を比較したときの平均誤差率の差は 0.1%未満であり，図 4 の圧縮・復元処理後の画像からも，圧縮対象を三次元モデルに拡張した場合も距離画像と同様な復元精度が得られたことが分かる。しかし，圧縮効率の面では，三次元モデルに対し圧縮を行ったときに，全てのしきい値において，距離画像で圧縮を行ったときの圧縮率に対し約 3 倍の圧縮率となっていることから，圧縮効率が大幅に低下していることがわかる。

### 5. おわりに

本研究では，三次元モデルを圧縮対象とし，距離画像との圧縮効率・復元精度の比較を行った。その結果，三次元モデルにおいても，本手法は距離画像と同様に高精度な復元が可能であるという知見を得た。しかし，三次元モデルは圧縮効率において距離画像に対して圧縮を行った場合より大幅に低効率となった。今後は，様々な三次元モデルにおいて圧縮・復元精度の検証，および圧縮効率向上に向けたアルゴリズムの改良を試みる。

### 参考文献

- [1] T. Matsuoka: "Isosurface Generation using Contour Volumetric Method", Ricoh Technical Report No.26, (2000).
- [2] 加藤涼子, 島崎望, 石原裕之, 廣瀬誠: 「同期現象を用いた距離画像の圧縮」, 精密工学会動的画像処理実利用ワークショップ 2014, (2014)
- [3] 加藤涼子, 寺本圭祐, 三島貴務, 廣瀬誠: 「同期現象を用いた距離画像の高効率な圧縮」, 平成 26 年電子・情報システム部門大会, (2014)
- [4] 蔵本由紀, 河村洋史: 「同期現象の数理」, 位相記述によるアプローチ, (2010)
- [5] 石原裕之, 吉岡賢吾, 廣瀬誠: 「同期現象を用いた画像圧縮」, 精密工学会動的画像処理実利用ワークショップ 2013 (DIA2013), (2013)

「同期現象を用いた三次元データ圧縮アルゴリズムの構築」 Construction of 3-Dimensional Data Compression Algorithm Using Synchronization Phenomenon  
 †「加藤涼子・松江工業高等専門学校 電子情報システム工学専攻」 Ryoko Kato, Advanced Electronic and Information Systems Course, National Institute of Technology, Matsue Collage.  
 ‡「藤原克駿, 稲葉洋, 廣瀬誠・松江工業高等専門学校 情報工学科」 Katsutoshi Fujiwara, Hiroshi Inaba, Makoto Hirose, Department of Information Technology, National Institute of Technology, Matsue Collage.