

# 3DCG 作成用フレームワーク Sardonyx の CSG 対応の提案と実装

石井 優史朗

松原 俊一

Martin J. Dürst

青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科

## 1 背景と目的

3次元コンピュータグラフィクス (3DCG) の記述量は表現が複雑であるほど多量になる傾向がある。筆者らの研究室では2012年から3DCG作成用フレームワーク Sardonyx [1] を開発してきた。

本研究では Sardonyx の CSG (Constructive Solid Geometry) の対応を提案・実装し、簡潔な記述で利用者の3DCG生成におけるCSG作成と3D印刷への対応を目的とする。出力対象に多くの3Dプリンタ用ソフトウェアで読み可能なSTLファイル形式を新たに追加する。

## 2 3DCG 記述用フレームワーク Sardonyx

### 2.1 特徴

Sardonyx は2次元ベクターグラフィクス作成用フレームワーク SVuGy [2] から基本的な着想を得ている。SVuGyと同様にRubyの内部DSLであり、宣言的な記述とともに手続き的な処理が可能である。従来、CSG演算は実装されておらず、出力形式はX3Dのみに制限されていた。

### 2.2 記述方法

Sardonyx ではX3Dファイルをソースコード1のように簡潔な記述で出力可能である。さらにSardonyxを用いることで、要素と属性値をメソッドの引数として記述可能である。ブロックの入れ子が木構造を表す。

ソースコード 1: X3D ファイル出力例

```
1 require './Sardonyx'
2
3 Sardonyx::Document.output {
4   translate(0, 0, 4) {
5     box(5, 4, 3)
6   }
7   sphere(4)
8 }
```

## 3 新機能の実装

### 3.1 STL ファイル出力

従来 Sardonyx では、torus など X3D で未定義の物体を三角形の集合で表現した。本研究では、新たに三角形作成メソッドを用いて、X3D で未定義の物体を簡潔に記述可能にした。STL ファイルは三角形の頂点の座標とその三角形の法線ベクトルによって表現される。三角形作成メソッドを法線ベクトル作成メソッドに利用して、STL ファイル出力用メソッドに法線ベクトルと三角形の頂点の座標を渡すことが可能となった。ソースコード2のように、バイナリ形式のSTLファイルを出力可能にした。

ソースコード 2: STL ファイル出力例

```
1 require './Sardonyx'
2
3 Sardonyx::Document.output_stl {
4   translate(0, 0, 4) {
5     box(5, 4, 3)
6   }
7   sphere(4)
8 }
```

### 3.2 CSG (Constructive Solid Geometry) 演算

本研究では Sardonyx を3D印刷などの場面で利用できるように、CSGに対応した。CSG演算を実装することで、和集合、差集合、共通部分を用いた3DCG作成が可能となり、物体のくり抜きや共通部分を出力できる。和集合の **union** メソッド、差集合の **difference** メソッド、共通部分集合の **intersect** メソッドを Sardonyx に追加した。union メソッドに関しては、二つ以上の物体が **difference**, **intersect** のブロック内に記述されていない場合は、暗黙的に和集合演算が実行される仕様にした。実装にはCSG演算ライブラリ **csgtool** [3] を用いた。csgtool は FFI (Foreign Function Interface) を用いたC言語のライブラリ 3D BSP Trees の機能を用いている。

## 4 Sardonyx の応用例

分子構造や建築、幾何学で用いられる立体では多くの繰り返しが見受けられる。これらを3次元化させる際に多量な記述となることが予測されるが、Sardonyxを用いることで再帰的な図形を簡潔に記述することができる。本研究により実装したCSGメソッドを利用することで、CSGを用いた再帰的な図形を簡潔な記述で表現できる。またSardonyxは、Rubyの内部DSLであるという特徴から、

### Proposal and Implementation of CSG Support for the 3DCG Creation Framework Sardonyx

Yushiro Ishii, Shunichi Matsubara and Martin J. Dürst  
Department of Integrated Information Technology, College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University  
5-10-1 Fuchinobe, Chuo-ku, Sagami-hara, 252-5258, Japan  
duerst@it.aoyama.ac.jp

Ruby の多様なライブラリや計算，データの読み込みの機能を用いて物体を作成することができる。

## 5 物体作成例

本研究で実装した CSG メソッドの処理を加えることで，繰り返しを含んだ CSG を用いた物体を簡潔な記述で作成することができる。以下のソースコード 3 のように球から torus を，繰り返しを用いて z 方向に重ね，球に対して差集合演算を用いた。出力した STL ファイルを 3D プリンタ用ソフトウェアで読み込み 3D 印刷した。結果を図 1 に示す。

ソースコード 3: 球に差集合演算を用いた物体

```

1 require './Sardonyx'
2
3 Sardonyx::Document.output_stl {
4   difference {
5     sphere(10)
6     6.times do |num|
7       translate(0, 0, num*2) {
8         torus 6, 2, 4, partition:6
9       }
10    end
11  }
12 }
```

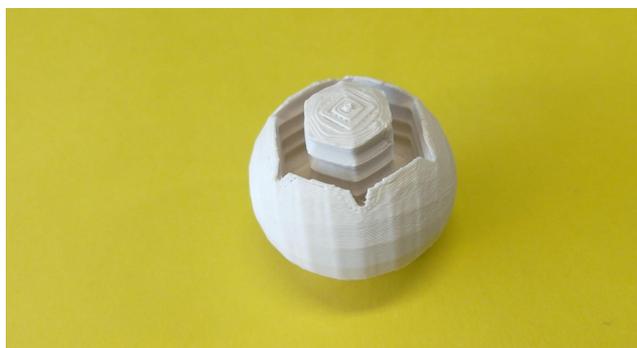


図 1: 3D 印刷で作成した物体

## 6 他の 3DCG 作成ツールとの比較

他のテキストを用いて 3DCG を作成するフレームワークとして，OpenSCAD [4] があげられる。OpenSCAD は，The Programmers Solid 3D CAD Modeller の略で，オープンソースのソフトウェアとして配布されている。Sardonyx は Ruby の内部 DSL であるのに対し，OpenSCAD では外部 DSL を用いて記述する。

OpenSCAD は専用の形式を記述して物体を表現するのにに対し，Sardonyx は Ruby の全機能を用いて物体の作成が可能である。Sardonyx は Ruby の全機能を用いることができるため，Ruby の標準ライブラリのクラスやメソッド，その他の Ruby のライブラリの機能を取り入れ物体を作成することが可能である。

表 1: Sardonyx と OpenSCAD の比較

項目	Sardonyx	OpenSCAD
言語方式	Ruby 内部 DSL	外部 DSL
出力形式	X3D, STL	STL 他 6 種類
CSG 出力	可能	可能
操作	CUI	GUI
拡張性	高い	低い

## 7 まとめと今後の展望

本研究では 3DCG 記述フレームワーク Sardonyx の CSG 対応の提案と実装を行った。Sardonyx は Ruby の DSL の宣言的な記述と Ruby の全機能を用いた 3DCG の作成が特徴である。従来 X3D のみであった出力を STL ファイルに対応させた結果，3D プリンタ用のデータ記述フレームワークとして利用可能となった。

CSG 作成に対応することで，和集合，差集合，共通部分を用いた物体を表現することが可能となった。また新たに実装した CSG 演算メソッドと Ruby の繰り返しのメソッドを組みわせることで，繰り返し処理を含む物体の作成が可能となった。

Sardonyx の拡張が容易であるという利点を活用し，今後 CSG の作成補助の専用メソッドや機能を追加することで用途の幅が広がると考えられる。

### 参考文献

- [1] 片山修治, 松原俊一, Martin J. Dürst. 3次元グラフィックス記述フレームワーク Sardonyx の提案と実装. 2013 年度情報処理学会全国大会講演論文集, pp. 233–235, 03/06 2013.
- [2] Martin J. Dürst, Makoto Fujimori, Takeshi Maemura, Tohru Koga, and Kazunari Ito. SVuGy - Exploring the Space between Procedural and Declarative Graphics. In *Proceedings of the 5th International Conference on Scalable Vector Graphics (SVG Open 2007)*, 2007.
- [3] csgtool. <https://github.com/sshirokov/csgtool>.
- [4] OpenSCAD - The Programmer's Solid 3D CAD Modeller. <http://openscad.org/>.