

# 打ち上げ花火から発生する 残煙のビジュアルシミュレーション

Visual simulation of smoke generated from fireworks.

東京工科大学  
メディア学部メディア学科  
北野桂大  
指導教員 菊池司

近年、3DCG は映画やゲームでのコンテンツ制作に活用されている。打ち上げ花火は古くから多くの人に親しまれ、視覚的美しさが注目されています。本研究では、Houdini を用いて、花火の昇る過程や開花、煙の表現をリアルに再現する手法を提案し、映像作品やゲームへの応用を目指します。

キーワード（必須）：打ち上げ花火, 3DCG, ビジュアルシミュレーション, 煙

## 1. 研究背景

打ち上げ花火は古くから世界中で祭りや祝賀行事の象徴として用いられ、その視覚的な美しさと感動的な効果で多くの人々に親しまれている。打ち上げ花火は、色彩、光、音が絶妙に組み合わさることで、一瞬のうちに壮大な視覚体験を生み出す。この瞬間的な美しさをコンピュータグラフィックス (CG) で再現することは、視覚効果の分野において長年にわたり注目されている。

近年、CG 技術の発展により、様々な自然現象などを CG によってリアルにシミュレーションすることが可能になっている。特にゲーム、映画、などの様々な分野では CG が活用されたコンテンツ制作が行われている。

## 2. 研究目的

研究背景から、打ち上げ花火のビジュアルシミュレーション手法について研究を行う。

本論文では打ち上げ花火における現実の環境を想定し、打ち上げ花火が開花後の煙の変化する様子、煙に映る色のビジュアルシミュレーションする手法を確立することを目標としている。本手法を確立することで、現実の打ち上げ花火の煙の様子について 3DCG を用いて再現することが可能になる。

打ち上げ花火の特性を理解し、これを再現する手法を確立することで打ち上げ花火の表現を行うことができるようになる。

これらを実現することを本研究の目的とした。

## 3. 打ち上げ花火について

打ち上げ花火の始まりは諸説あるが、中国の秦の始皇帝が全土を統一した際に、北方民族・匈奴の侵入を防ぐために築いた万里の長城の重要な場所に掲げた狼煙として硝石を利用したのが始まりとして有力である。その偶然に硝石を用いた黒色火薬が発明された。

また、日本に伝わったのは 16 世紀である。戦国時代に火薬を使う火縄銃と共に火薬が広まり、合戦の合図である狼煙にも使われている。江戸時代に入り、徳川家康が中国人によって打ち上げられた花火を見たことによって、火薬が戦のためだけでなく、観賞用として使われるようになり、花火が広まった。

そしてその後、本格的に花火大会が行われようになったのは享保 18 年 (1733 年) に起こった大飢饉をきっかけに悪霊退散祈願と飢饉の犠牲者の供養のために両国の川開きが行われ、花火を打ち上げたのが始まりとされる。

#### 4. シミュレーション

花火には複数の種類が存在し、本研究では牡丹と呼ばれる、打ち上げ花火を代表する花火を制作する。手順としては以下の通りである。

1. 打ち上がる花火玉から複数の星を放出
2. 頂上に行った際に星の開花
3. 打ち上がった花火に煙を追加する

PopNet をベースとして制作を行った。Point が上に放出されてからその軌跡をたどるように星を放出させ、頂上に到達した時点で開花するように行った。またノイズを加えて昇っている際の風の揺らぎを表現した。煙の表現は pyrosource を使用して煙の密度や pyrosolver を使用して煙の寿命を調整した。

#### 5. 結果と今後の課題

研究では、打ち上げ花火から発生する残煙のビジュアルシミュレーションとして、主に打ち上げ花火が上がってから煙を残して消えるまでの様子を再現する手法を提案した。

#### 6. 今後の課題

実際に見る花火と比べると程遠い結果となった。花火自体の独特な発光や煙の様子、煙に反射する光のようすなどをより研究を重ねていく必要がある。

#### 7. 実装結果

打ち上げ花火が昇ってから開花するシミュレーションと煙を追加したシミュレーションを実装した。レンダリング結果をそれぞれ図 1-1 と図 1-2 に示す。

#### 文献

- [1]公益社団法人日本煙火協会.[令和 5 年花火入門]. 2023.  
 [2]TOKYO GAS” 錦絵江戸に流行した疫病・災厄除去を祈願して始まった花火大会” 2020. 5. 28.

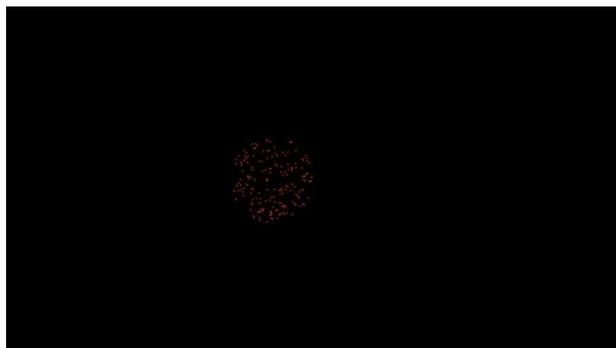
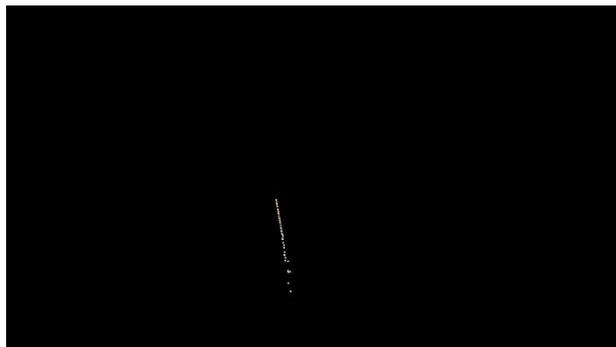


図 1-1 開花までシミュレーション

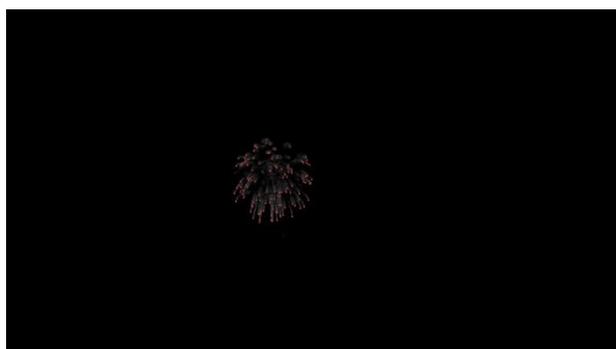
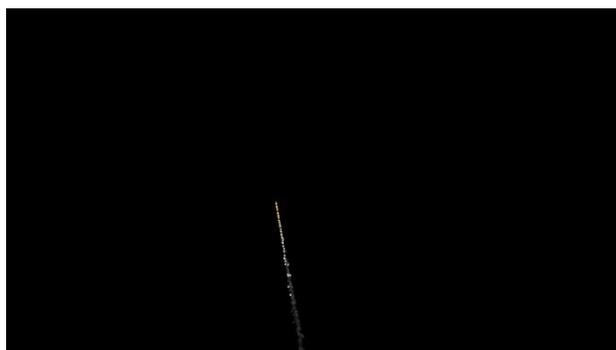


図 1-2 煙を追加してシミュレーション