

# ピザ生地の状態遷移を考慮したビジュアルシミュレーション

Visual Simulation Considering the State Transition of Pizza Dough.

深谷 陸

指導教員 菊池 司

東京工科大学 メディア学部 メディア学科 菊池研究室

キーワード：ピザ, ビジュアルシミュレーション, 3次元コンピュータグラフィックス

## 1. はじめに

近年, コンピュータ技術の発展により, ゲーム, アニメ, 映画など様々な分野で3次元コンピュータグラフィックス (以下, 3DCG と表記する) を活用したコンテンツ制作が盛んに行われている。

流体力学や固体力学分野で活用されてきたシミュレーション手法が3DCGの分野でも活用されるようになり, 物理的特性を考慮したビジュアルシミュレーションを行うことが可能になったことで映像表現のリアリティが大幅に向上している。特に近年では, 物質点法などの発展により雪, クリーム, ソース, クッキー, 水と砂の混合物などのビジュアルシミュレーションに関する研究が頻繁になされており, 流動性物質と流動性物質の両方の性質を持つ物質についても物理的特性を考慮して3DCGで表現すること可能になりつつある。

しかしながら私の知る限りでは, ピザ生地のような特性を持つ物質について焦点を絞った研究はなされておらず, 本研究ではピザ生地にソース, 具材などを乗せてピザ窯やオーブンなどで熱を加えた際に生じるような膨張の様子を, 3DCG で再現する手法を提案する。ピザ生地の特性を理解し, これを再現する手法を確立することで効率的にピザ生地の表現を行うことができるようになる。本研究の手法がピザ生地のみならず, パンやケーキ等の表現にも応用することができれば, 幅広く活用が期待できる。

## 2. 研究目的

本研究では, ピザ生地における現実の環境を想定した擬似的な値をパラメータとして扱い, ピザ生地が加熱されて膨らむ様子を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た。本手法を確立することで, 比較的容易に現実の状態遷移を考慮したピザ生地の膨らむ様子について3DCGを用いて再現することが可能となる。

ピザ生地の特性を理解し, これを再現する手法を確立することで効率的にピザ生地の表現を行うことができるようになる。また, 本研究の手法がピザ生地のみならず, パンやケーキ等の表現にも応用することができれば, 幅広く活用が期待できる。

## 3. ピザ生地が膨らむメカニズム

ピザ生地の膨張は, イースト菌発酵によるものと, 過熱による膨張が主だ。ピザ生地は小麦粉, 水, イースト菌, 砂糖, 塩, 油が主成分である。これをよくこね, 常温で発酵させて2倍程度の大きさになった後, 薄く整形して具材を乗せ, ピザ窯であれば390℃程度, オーブンであれば230℃程度で加熱する[1]。常温で一次発酵させることで生地を2倍程度に膨らませ, やわらかい食感を作る。ピザはパンと異なり, 2次発酵は行わず, 整形後すぐに加熱するため, ピザ生地の膨張はパンと比較すると少ない。ピザを加熱する際に生地の温度が60℃に達成するまではイーストが活動しつづける。これは窯伸びと呼ばれる現象で, オーブンやピザ窯内発酵

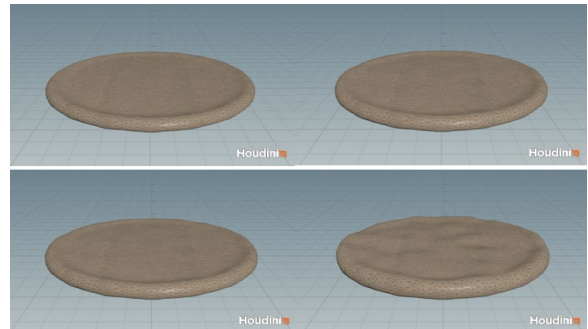
が進み生地は膨張し続ける。65℃以上になるとデンプンが膨潤(水分を吸収して体積が増加する現象)と糊化(糊状に変化すること)し、次第にグルテンが凝固する。80℃から 95℃の間でデンプンの糊化は最大の状態が保持されるが、さら以上温度が上昇すると水分が蒸発し、デンプンの粘度が低下し、そして表面が固くなる。

ソースや具材が乗る部分については生地のほかの部分に比べて膨張が少ない。これはソースを塗る部分に無数の小さい穴を開け、膨張させないようにしているためである。また、成型する際にソースを乗せる部分については薄く成型しているためにソースが塗られ部分の膨張が少ないことも考えられる。また、ピザ生地に乗せる具材などによる膨らみ方の違いについての研究事例もあるため、ビジュアルシミュレーションの参考に用いた。

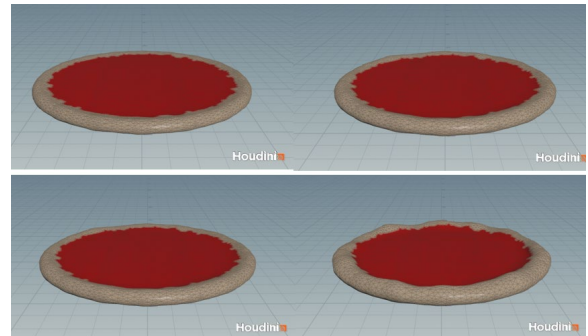
#### 4. ビジュアルシミュレーションの手法

ピザ生地の膨張メカニズムをもとに、擬似的なパラメータを設定し、それをもとにプロシージャルなアニメーションを実行できるように実装を行う。ピザ生地が 60℃に達するまでは顕著に膨張させ、その後もピザ生地の温度が 80℃に達するまでは膨張を継続する。80℃に達したところで膨張を止め、更に加熱されることで水分が蒸発し、ピザ生地の体積が減少する様子を実装する。また、ピザ生地表面と内部での温度差などを考慮したり、具材の種類による膨張の仕方の違いを表現したりするため、粒子ベースのシミュレーションを用いて、熱源による加熱を考慮したピザ内部の温度変化を再現することで、高度なビジュアルシミュレーションを可能にする方法について研究を進めている。

ビジュアルシミュレーションの実行結果を以下に示しており、右上から順にアニメーションの実行結果を示している。ソースの無いピザ生地(図 1)と、ソースの有るピザ生地(図 2)の膨張の仕方が異なる様子を再現している。



(図 1) ピザ生地の膨張



(図 2) ソースを塗ったピザ生地の膨張

#### 5. おわりに

本研究では、現実の環境におけるピザ生地の状態遷移について調査を行い、擬似的なパラメータを設定してビジュアルシミュレーションを行う方法を検討してきた。3DCG ソフトウェア上でピザ生地が膨張する様子を再現するとともに、ソースの有無による膨らみ方の違いを再現することが可能である。また、粒子ベースのシミュレーションを用いて、熱源による加熱を考慮したピザ内部の温度変化をシミュレーションすることで、高度なビジュアルシミュレーションを行う手法を確立することが今後の課題である。

#### 参考文献

- [1] Andrey Varlamov / Andreas Glatz / Sergio Grasso, “The Physics of baking good Pizza”, 2018, <https://arxiv.org/abs/1806.08790>