

食肉の加熱による質感変化のビジュアルシミュレーション

Visual simulation of texture change due to heating of meat

菊池 竜也
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：CG, ComputerGraphics, プロシージャルモデリング, 食物

1. はじめに

近年、3DCG を用いた高品質なゲームや映像作品が増えてきている。また流体や爆発などの複雑で再現の難しい動きであっても、物理シミュレーションによる3DCGで現実世界と何ら変わらない再現がコンピュータ上で可能となっている。

しかし、食物を調理するという行為のCGによる再現は、業界ではあまり見られず、新規性があると見出し本研究に着手した。

本研究では食肉の加熱による質感変化を、物理シミュレーションを用いて再現する手法を提案する。本手法では、さまざまな部位、サイズの食肉であっても、温度情報を用いたシミュレーションを通して、質感変化を再現する。

2. 関連研究

肉は加熱によって「重量」「色」に変化が生じる。

「重量」の変化は、肉の主成分のたんぱく質の熱変性によって生じる。肉のたんぱく質は、塩溶性の筋原繊維たんぱく質(ミオシン)、水溶性の筋漿たんぱく質(ミオゲン)、結合組織にある肉基質たんぱく質の3種類で構成されている。ミオシン系たんぱく質は45~50°Cで熱凝固し、ミオゲン系たんぱく質は55~62°Cで熱凝固する。そのため、肉を焼いて調理すると最初にミオシン系たんぱく質が熱凝固し、繊維状組織を固定、続いてミオゲン系たんぱく質が熱凝固しミオゲン系たんぱく質をつなぐ働きをする。このたんぱく質の凝固により、肉の

保水性が失われ、さらに脂肪組織の脂肪の遊離などによって重量が減少する仕組みとなっている。

「色」の変化は、血色素(ヘモグロビン)と肉色素(ミオグロビン)の熱変性により生じる。加熱によりたんぱく質が熱変性を起こし、色素の保護作用の損失、酸化がすすみ、灰褐色に変換する仕組みとなっている。

肉の温度変化をシミュレーションするにあたり、個体内部での熱移動における熱の伝わりやすさを示す「熱伝導率」、与えられた熱エネルギーによってどれほど温度が上昇するかを示す「比熱」、温度の変化の伝わりやすさを示す「熱拡散率」の3つの熱物性値が必要となってくる。

本手法では、焼く対象となる肉と、調理器具となる物質の素材の熱物質を設定し、適切な温度上昇値を取得、その温度情報をもとに肉の質感と色の変化をビジュアルシミュレーションで再現する。

3. 提案手法

3-1. 概要

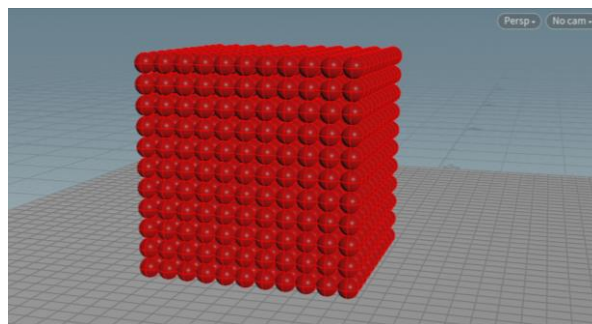


図1 ビジュアルシミュレーションのシーン

肉を模した Particle の集合体と、調理器具(ここでは鉄板)を模した grid を設置している。Particle には 0℃、grid には 100℃の温度情報(Temperature)を持たせている。

3-2. 食肉を焼くことによる質感変化の再現

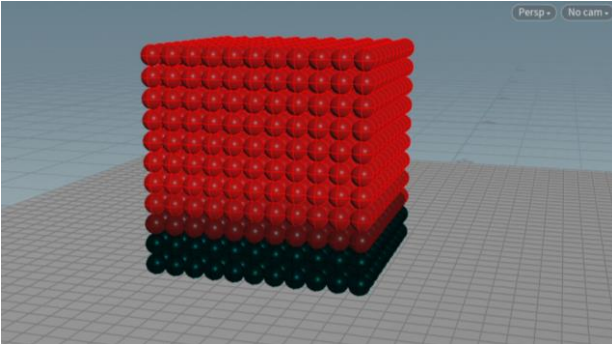


図2 熱伝導による色の変化のシミュレーション

鉄板から伝わった Temperature の値に応じて、赤色から灰褐色、炭化の色の変化を表現するようにした。まず grid の接地面に近い Particle に温度情報を与えるように処理をした。Particle に与えられる温度情報の計算は(3-2-1)の式によって算出している。

$$T=T1+T2 \quad (3-2-1)$$

T:Particle の温度情報(℃),

T1:1 フレーム前 Particle の温度情報(℃),

T2:grid の温度情報(℃)

この計算を毎フレーム時行うことによって、肉を模した Particle の温度が上昇していく様を再現している。また鉄板からの距離に応じて、Particle に伝わる Temperature の上昇値は緩やかになっていくよう設定した。

そして、この計算式で得た T を用いて、Particle の色情報を変換している。この計算式は(3-2-2)となっている。

$$Cd[r]=1-T/20000 \quad (3-2-2)$$

Cd[r]:Particle の赤の色情報(1 から 0 にかけて赤から黒色に変化する)

これにより、実際の肉と同じように内部への火の通り方の差異の表現を可能とした。今後の研究では、掲示した2つの計算式をもとに、関連研究で述

べた熱物性値をもとに、よりリアルなシミュレーションが行えるようプログラムしていく。

3-3. 食肉の質感変化による裂け方の差異

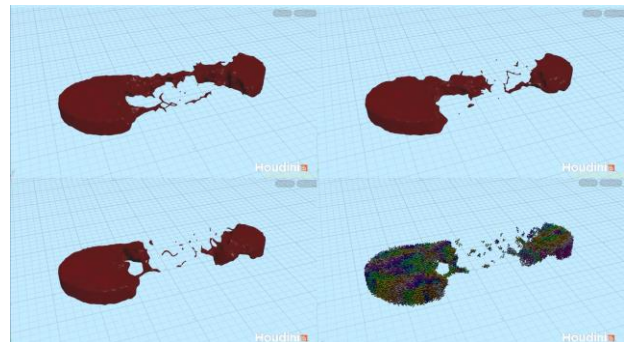


図3 たんぱく質の熱凝固による裂け方の変化のシミュレーション

肉を模した Particle 同士の結合強度の値を設定できるようにし、肉を裂いた際の差異を表現した。計算式は(3-3-1)のようになっている。

$$B=F*W \quad (3-3-1)$$

B:たんぱく質の凝固度合, F:熱凝固率, W:繊維同士の繋がり強さ

F は加熱すると同時に値が変化していく変数であり、W はそもそもの肉の部位、赤身と脂身の配分によって変化する値である。燃焼シミュレーションをしていくにつれて F の値が大きくなり、肉質の硬化を再現するプログラムとなっている。また Particle は最終的にポリゴンメッシュを被せて肉の表面として表現している。

4. 今後の展望

熱伝導による色変化のシミュレーションは、現状自分で設定した人為的な描写となっているので、熱伝導率、比熱、熱拡散率の熱物性値を用いた数式をプログラムに組み込み、より実物に近い火の通り方、焼き加減を再現出来るよう研究を進める。また、第3章の3-2と3-3は別のシーンとなってしまうので、今後の実験では2つのシーンを合併、色変化と熱凝固によるたんぱく質の質感変化も同時計算し、裂け方の再現シミュレーションもプロシージャルで行えるようプログラムする。