

おにぎり成形機の開発

システム科学技術学部 機械工学科

1年 渡邊 貴博, 藪崎 大輝, 船木 駿

指導教員 システム科学技術学部 機械工学科

助教 境 英一, 助教 藤井 達也, 教授 邱 建輝

1. 研究背景および目的

おにぎりは基本的に人の手によって作られるが、その美味しさは、米の種類や具などの「味」に関わる要因を一定にすると、「食感」（つまり硬さなど）が重要になると考えられ、それは主として握りに大きく左右される。この均質化を図る方法として、コンビニおにぎりなどで見られる機械による握りの自動化があるが、それらは「見た目」や「持ちやすさ（崩れにくさ）」、「生産性」などの要素も考慮されており、食感だけで判断されていない。加えて、おにぎりの握り方を定量化して評価した例はほとんど見当たらない。そこで本研究では、おにぎりの成形に必要な圧縮荷重を機械工学で学ぶ材料試験により調べて握り方の定量化を図り、官能評価の結果と比較する。その結果をもとに、誰でも美味しく作れるおにぎり成形機の開発を目指す。

2. おにぎり成形パラメータの定量化と空隙構造、美味しさとの関係

2.1 実験方法

2.1.1 おにぎり成形に必要な圧縮荷重と圧縮距離の測定

本研究では、市販の米（秋田県産あきたこまち）を五合炊き炊飯器（タイガー（株）、JKX-V102）にて炊飯量 2-3 合/回、水分投入量 180mL/合（1 合 160g）の条件で炊飯して実験に供した。これを自作のおにぎり成形治具（図1）を取り付けた 5kN 容量万能材料試験機（INSTRON®, Series3360）により圧縮試験に供し、おにぎり成形に必要な圧縮荷重と圧縮距離の関係を調べた。試験は、開始位置をおにぎり型の雌型最上部とし、炊飯米量 150g に対して圧縮速度 10mm/min で圧縮距離 30mm まで実施した。なお、衛生面を考慮して炊飯米と型の間にはサランラップを噛ませた。

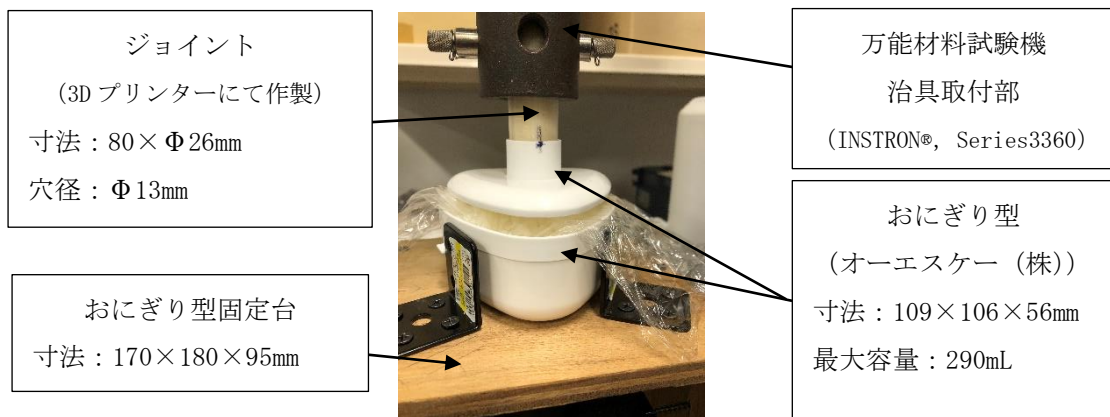


図1 自作したおにぎり圧縮成形治具の外観

2.1.2 おにぎりの空隙構造の観察

2.2 節で成形したおにぎりの表面中心をデジタルマイクロスコープ (KEYENCE (株), VHX-6000) で観察し、画像解析により輝度の違いから米とその隙間を二値化分離することで空隙率を求めた。

2.1.3 官能評価

結果にて後述する圧縮距離で成形したおにぎりを本学関係者 15 人に試食してもらい、アンケートを実施した。アンケートは見た目、持ちやすさ、食感の五点満点評価とした。

2.2 実験結果と考察

2.2.1 おにぎり成形における圧縮荷重と圧縮距離、空隙構造の関係

圧縮試験結果を図 2 に示す。図より、圧縮荷重は 6mm 程度で一度ピークを示して低下した後、10mm を超えると再び上昇し、15mm から荷重が急激に上昇していることが分かる。0-10mm は恐らくラップとの接触によるものであり、それ以降で米の圧縮が行われていると推測される。また、図から分かるように、30mm まで圧縮するのに必要な荷重は 50N 程度である。このとき、米は美しい三角形のおにぎり形状を示していた。

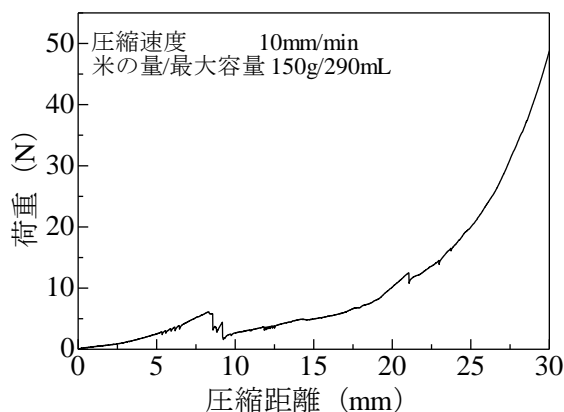


図 2 圧縮荷重と圧縮距離の関係

図 3 におにぎり中央部表面をデジタルマイクロスコープにより観察した結果を示す。図より、圧縮距離を大きくすると、おにぎりを形成する米粒と米粒の距離が縮まり、空隙が無くなっていく様子が分かる。圧縮距離 30mm では空隙がほとんどないことが明確に分かる。

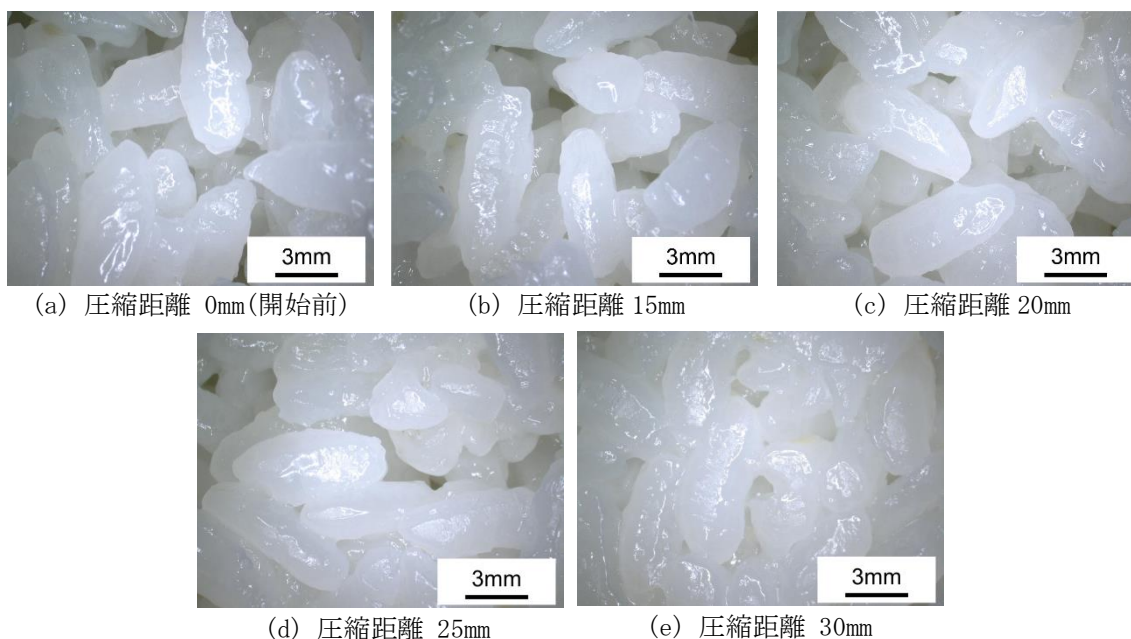


図 3 おにぎり成形による米粒同士の粒子間距離の変化

この写真を解析して得た空隙率と圧縮距離の関係を図4に示す。図において、圧縮距離10mmまではほとんど変化がない。これは前述のように、10mmまではラップとしか接触していないためと考えられる。対して、10mmを超えると空隙率は圧縮距離にほぼ比例して低下している。この空隙が小さいものほど米粒同士の接着性が高まるため、崩れにくいと考えられる。圧縮距離15mm以下は接着性が低く、崩れやすかったため、官能評価には20、25、30mmのものを用いた。

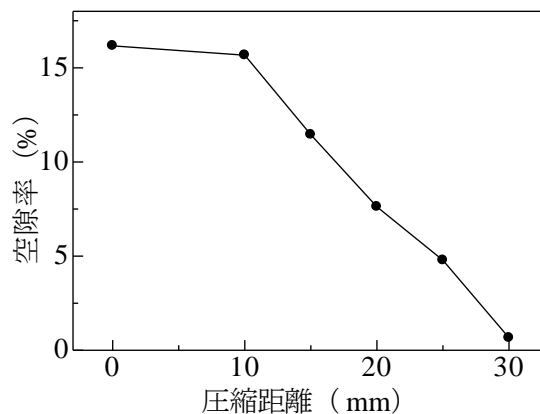


図4 空隙率と圧縮距離との関係

2.2.2 官能評価の結果

試食により得られたアンケートの結果を図5、表1に示す。なお、図5の値は平均点を用いた。圧縮距離20mmでは見た目、持ちやすさ共に低い結果となっているが、食感の評価は高い。25mmでは食感は20mmと変わらないが、見た目、持ちやすさの評価が上がり、最もバランスがとれている。前節で示したように、圧縮距離を大きくすると米粒同士の粒子間距離が狭まり、接着性が高まるため、崩れにくく(すなわち持ちやすく)、見た目の良いおにぎりができると考えられる。このため、30mmでは持ちやすさの評価が最も高いが、その他2項目は低い。表1の参考意見にあるように、おにぎりの食感は、柔らかくて「ふっくら」しているものほど良い。この「ふっくら」という食感は、米粒間に空気が含まれることで感じられる。すなわち30mmでは空気を含める空隙がほとんどないため、ふっくらさが失われたものと推測される。また、表1の参考意見にある通り、形はきれいになる一方で、米が詰まっていて明らかに硬いことが見て分かるため、見た目の評価が下がったのだろう。

以上より、本研究では圧縮距離25mm、そのときに必要な圧縮荷重20Nで食感、見た目、持ちやすさに優れたおにぎりを成形できることが明らかとなった。

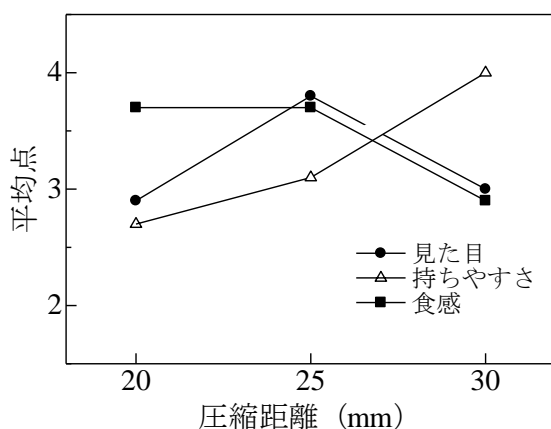


図5 試食によるアンケート結果

表1 各おにぎりに対する意見

圧縮距離	参考意見
20mm	崩れやすく持ちにくい
	柔らかくて食べやすい
25mm	ふっくらさがあり持ちやすい
	一番バランスが良い
30mm	形がきれいであり持ちやすい
	米が詰まっていて硬い

3. おにぎり成形機的设计および開発品

設計・開発したおにぎり成形機を図 6 に示す. SolidWorks を用いておにぎり成形機のモデリングを行い,加工用図面を作成した.図面をもとに部品加工を行い,成形機を実際に組み立てた.成形機は,おにぎりを成形するための圧縮機構,荷重を測定するための荷重センサから構成されている.圧縮機構は,アルミフレームに固定された X 軸ステージ ((株) ミスミ, XDTS90) を用いて,おにぎりに原点から最大 30mm の圧縮変位を与えることができる.荷重センサは,おにぎり型を載せるステージを 2 枚の亚克力板 (厚さ 2mm) で支持する構造とし,亚克力板の伸縮をひずみゲージで検出することで荷重を測定することができる.2 枚の亚克力板の両面に計 4 枚のひずみゲージを貼り付け,ひずみゲージで検出したひずみ量を動ひずみ測定器 ((株) 共和電業, SGI-100A) でデジタル表示する.

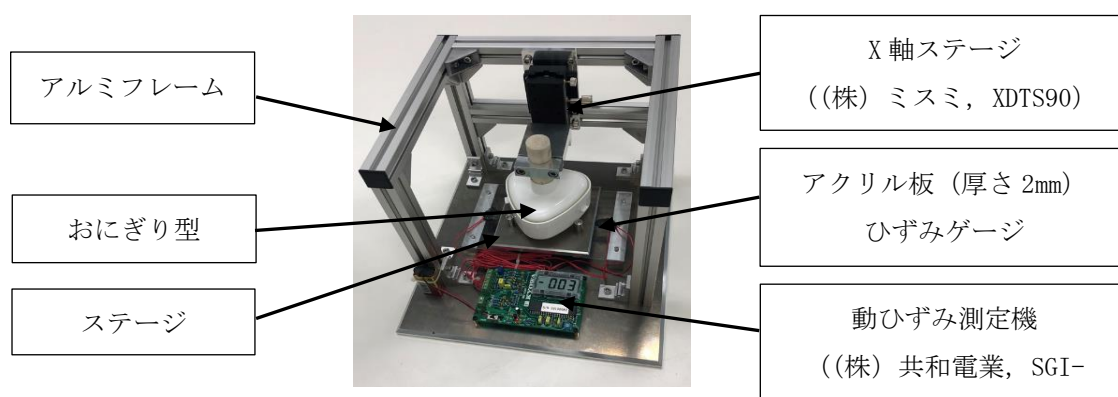


図 6 設計・開発したおにぎり成形機

荷重センサの校正実験の結果を図 7 に示す.荷重センサに 0.5-4.0kg (4.9-39.2N) のおもりを載せ,亚克力板のひずみ量を測定した.荷重とひずみ量は線形関係であり,近似式の傾きは 9.42 となった.この近似式より,ひずみ量から荷重の値を求めることができる.

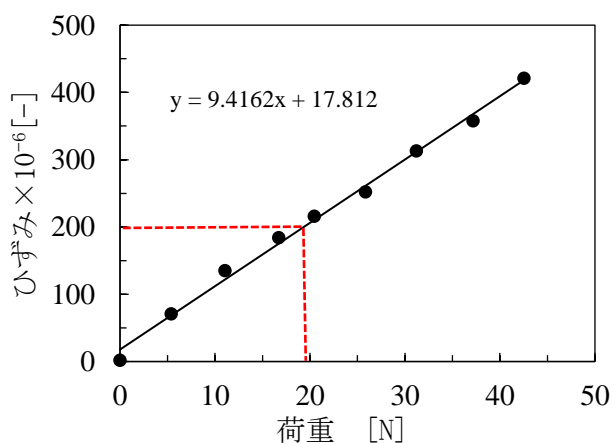


図 7 荷重とひずみとの関係

4. 結論

本研究では,圧縮距離を大きくすると米粒同士の粒子間距離が狭まって接着性が高まるため,崩れにくく (すなわち持ちやすく),見た目の良いおにぎりができる一方で,空気を含める空隙が小さくなるため,ふっくらさが失われ,食感が悪くなることが分かった.またそれより,圧縮距離 25mm (圧縮荷重 20N) の条件で成形したおにぎりが,食感,見た目,持ちやすさに優れることが明らかとなった.以上の結果をもとに,最大圧縮距離 30mm,かつ荷重測定も可能な,誰でも美味しく作れるおにぎり成形機を設計・開発した.