

ロボットハンドによるレオロジー物体のピックアンドプレース

Pick-and-place operation of rheological objects by a robot hand

○谷口 祐介 (立命館大学) 平井 慎一 (立命館大学)

Yusuke TANIGUCHI, Ritsumeikan University
Shinichi HIRAI, Ritsumeikan University

This paper discusses the pick-and-place operation of rheological food objects by a robot hand. To achieve minimal deformation during the handling of food products, we consider developing a simulation framework of pick-and-place operations based on FE method. In order to perform FE simulation of food handling, it is necessary to measure a handling process and estimate physical parameters of food products. In this research, we measured both grip force and deformation of shari during a pick-and-place operation by a robot hand. Grip force was measured by a load cell attached to the robot hand. Two methods for deformation measurements were proposed by using a 3D scanner and a camera, respectively. The advantages and disadvantages of both methods were discussed as well. We found that using of a camera is more appropriate for our application.

Key Words: Pick-and-place, Robot hand, Rheology

1. 緒言

近年、食品産業において寿司の形成や菓子作りなど、あらゆる場面においてロボットが活躍し、生産効率の向上に一役買っている。多くの企業で各分野の食品ロボットが開発されており[1]、研究として食品のモデリングや海苔巻を扱うロボットハンド設計開発が行われている [2] [3]。

食品の中でも寿司業界において、回転ずし屋やスーパーの惣菜調理場には寿司ロボットが多く導入されている。形成能力向上による生産性向上が著しく、現在の低価格戦略に欠かせない存在となっている [4]。しかし、寿司ロボットにおいては、これ以上形成能力を高めても人手が追い付かないため省力化にはならないとされている。これから求められるものは安さ、早さだけでなく、食感、見た目、おいしさの向上である。具体的には、シャリ玉形成、わさび付けの自動化は確立されているので、シャリを直径 15cm の皿に 2 個ずつネタを乗せるという作業の自動化が課題となっている[5]。また、シャリを乗せる作業において、シャリのふくら感向上により崩れやすさが増すという点も問題に挙げられる。

本研究では、ロボットハンドを用いてシャリのピックアンドプレースを行う際、変形がより小さくなる把持を考えることを目的とする。実際にシャリをピックアンドプレースする際の把持力と変形量を計測し、計測結果を元にシャリのモデリング、シミュレーションを行う。食品は力学的特性として、レオロジー特性を有しており、バネ要素と粘性要素を使ったモデルで近似できることが知られている。本報告では、把持力と変形の計測について述べる。

2. シミュレーションまでの流れ

本研究でのシミュレーションまでの流れを図 2 に示す。

まず、実際にシャリのハンドリング過程を計測する。計測する値は、シャリをピックアンドプレースした際の把持力、シャリの変形量である。また、その際撮影した画像を元にシャリのモデリングを行い、おおよその初期パラメータを決定する。次に、シャリの力学パラメータを同定する。実物より得た計測結果とモデリングした際の初期パラメータを比較し、誤差が最も小さくなる値をシャリのパラメータとする。最後

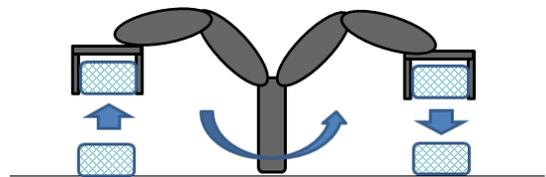


図 1 ロボットハンドによるピックアンドプレース

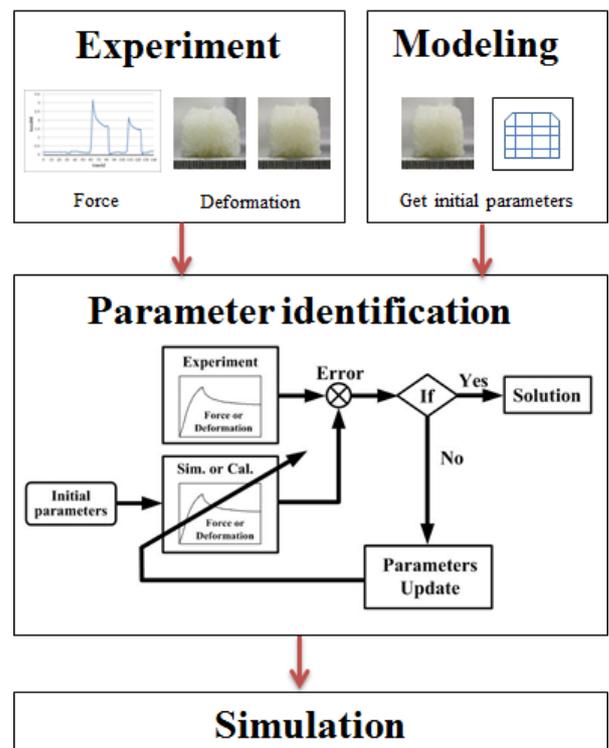


図 2 シミュレーションまでの流れ

に、同定したパラメータをもとに、シャリのピックアンドプレースを行うシミュレーションを構築し、もっとも変形の小くなる把持力を算出する。本報告では、シャリのハンドリング過程計測を行う部分について述べる。

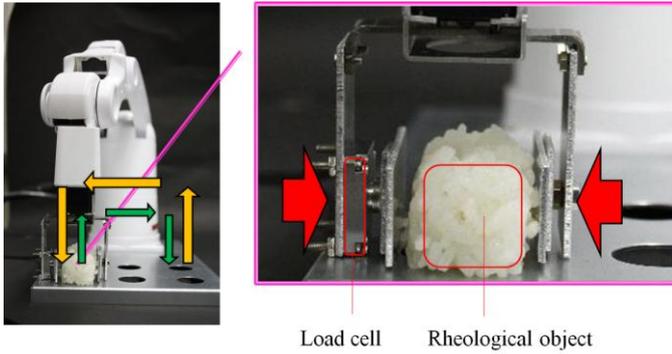


図3 シャリのピックアンドプレース

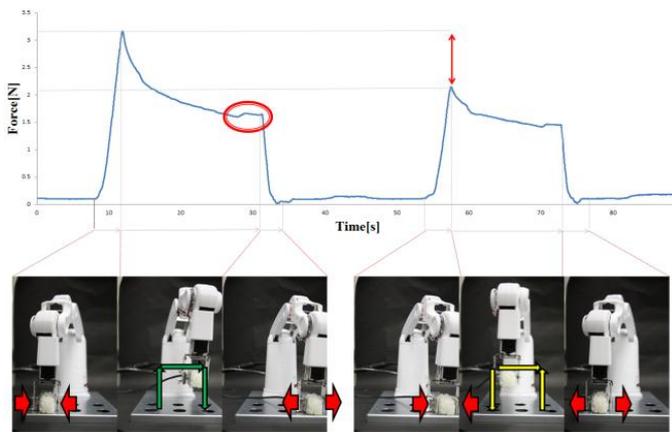


図4 シャリのピックアンドプレース（一往復）

3. 把持力計測

3.1 把持力の計測方法

ロボットハンドを用いて実際にシャリをピックアンドプレースした際の把持力を計測した。図3に示すように設置したシャリをロボットハンドの先に取り付けたプレート部分で左右から力を加え把持する。プレート間の距離を一定に保ったまま、別の位置までピックアンドプレースし、シャリを着地させた後に把持状態から解放する。

3.2 ピックアンドプレース時の把持力（一往復）

把持力はロボットハンドに取り付けた1軸の力覚センサから取得した。そのデータを図4に示す。この実験からシャリをピックアンドプレースする際に行う把持動作でも、レオロジー変形特有の曲線が見られることがわかる。しかし、単に力を加え解放する場合と比較し異なる点としてシャリが着地した際に僅かに力が表れているという事が挙げられる。これはシャリが接地するに力が表れていることから、床反力によるものだと考えられる。重力の影響でシャリが下方に膨らみ、接地する瞬間に押し上げられ力が表れたのではないかと考えた。

また、同じ速度、掴み幅でもう一度ピックアンドプレースを行うと、把持力の最大値が3Nから2Nへと小さくなった。これは一度目のピックアンドプレースにより、シャリが変形してしまい反力が弱まった事によると考えられる。図5に示す実験結果からも同じシャリで何度もピックアンドプレースを繰り返すと反力が弱まることが確認できる。

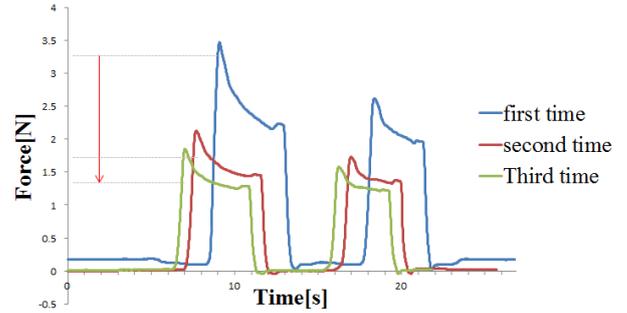


図5 同じシャリを繰り返しピックアンドプレースした場合

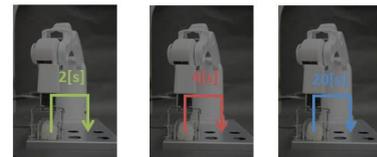
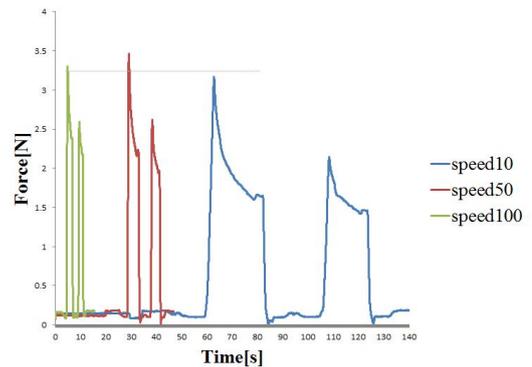


図6 速度を変えた場合

この結果から、連続でピックアンドプレースを行えば変形の少なくなる把持の検証実験として利用できるのではないかと考えた。変形の少なくなる把持ができれば、連続してピックアンドプレースした際の最大把持力の差が縮まっていくはずである。

3.3 速度を変えた場合の把持力

ほぼ同じとみなせるシャリを使用し、異なる速度でピックアンドプレースを行った。使用したロボットが出せる最高速度に対して、それぞれ10%、50%、100%の速度でピックアンドプレースを行い、その際得た把持力を図5に示す。時間はそれぞれ1回のピックアンドプレースに2秒、4秒、10秒かかる。結果は、いずれも最大把持力はほぼ同じとなった。このことから、速度によって最大把持力は大きく変化しないが、10%の速度で行った際は二度目の把持力は大きく落ちたことから、時間をかけずに把持した方が変形が少なくなると考えられる。

3.4 同じシャリで繰り返した場合

同じシャリのピックアンドプレースを繰り返した場合の把持力の変化を図6に示す。速度はロボットハンドが出せることのできる最高速度の50%で動作させ、ピックアンドプレースを3往復行った。この結果から、何度も繰り返して把持することで徐々にシャリが変形してしまい反力が弱まっていくことがわかる。

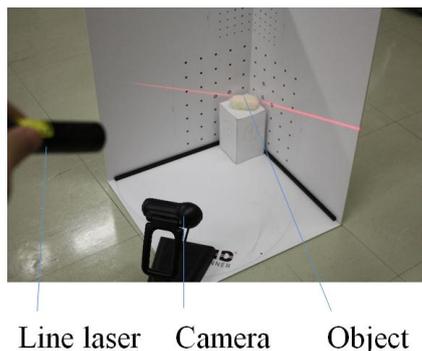


図7 3D スキャナーでの計測

4. 変形計測

4.1 3D スキャナーを用いた計測

シャリの変形計測するために、3D スキャナー (DAVID) を用いた。レーザー光をシャリに当て、反射した光をカメラから取り込み、形状を再現する。実験の様子を図7に示す。

3D スキャナーを使うメリットとして、3次元で計測ができ、実際の大きさを再現できるためキャリブレーションの必要がないことが挙げられる。シャリは3次元で変形するため、この方法を用いることを試みた。計測結果を図8に示す。ノイズにより形状が判別しにくいいため、ノイズ除去を行った。これにより、形状が判断できる程度までにはなったが、ミリメートル単位での形状判別が困難であった。これは、スキャナーを用いるのに最適とされる大きさが10~30cmであるのに対し、シャリは1~2cm、変形は1~2mmと計測対象が小さいことが原因であると考えられる。また、形状を取り込むために4方向から撮影しなければならず、1回の計測に約30分の時間を要した。そのため、形状を取り込んでいる間にシャリが乾燥、変形してしまったため、正確な変形を計測する事には不向きであると判断した。

4.1 カメラを用いた計測

カメラを用いて変形計測を行った。ロボットの正面にカメラ (Canon DS126181) を配置し、ピックアンドプレースの前後の変形を撮影した。実験の様子を図9に示す。

カメラを用いた撮影では、2次元でしかとらえる事ができないが、変形後の形状を素早く鮮明に撮影できるメリットがある。実験結果を図10に示す。ピックアンドプレースの前後で変形していることが目視できる。また、画像を拡大すれば米の一粒まで確認することができる。しかし、ピックアンドプレースを行うと、わずかにカメラとの距離が変化するためキャリブレーションが必要となる。また、奥行きの変形をとらえることができないが、カメラをロボットの前、上方の2台配置することで3次元の変形計測が行えるのではないかと考える。

5. 結言

本研究では、ロボットハンドを用いたシャリのピックアンドプレースの把持力と変形の計測方法を提案した。実験結果から、シャリのピックアンドプレース動作においてもレオロジー変形特性が確認できた。

今後、把持力と変形を同時に計測し、計測結果をもとにモデリング、シミュレーションに取り組む予定である。

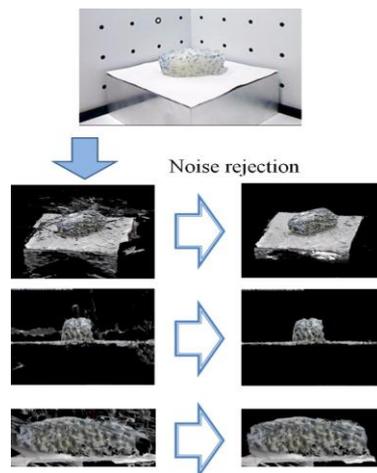


図8 3D スキャナーを用いた変形計測結果

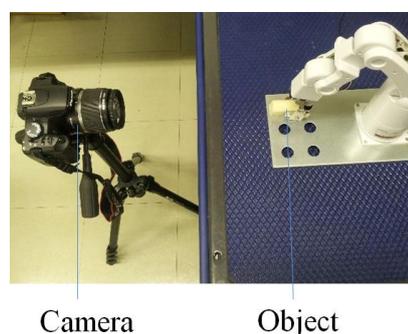


図9 カメラでの計測

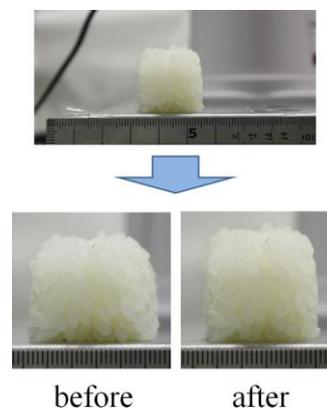


図10 カメラを用いた変形計測結果

文 献

- [1] 水上貴史, "作業環境の自動化に貢献するロボットの先進事例", 大和総研ホールディングス産業イノベーションレポート, 2011.
- [2] Zhongkui Wang and Shinichi Hirai, "Modeling and Estimation of Rheological Properties of Food Products for Manufacturing Simulations", Journal of Food Engineering, Vol.102, Issue 2, pp.136-144, 2011.
- [3] 坂本直樹, 湯谷政洋, 東森充, 金子真, "Maxwellモデルで近似できる粘弾性物体の最適ハンドリング", 日本ロボット学会誌, vol.25, no.1, pp.166-172, 2007.
- [4] 中畑孝雄, "「1皿=80円」時代見据える すしロボット革新", 日本経済新聞電子版, 2010-11-09
- [5] 佐藤浩実, "「ロボット大国ニッポン」の逆襲, 食品機械でも大活躍", 日本経済新聞電子版, 2010-06-10.