

# レオロジー物体の変形形状推移グラフ

## A Deformation Transition Graph of Rheology Objects

藤田 欣晃 徳本 真一 平井 慎一

(立命館大学 ロボティクス学科)

Yoshiaki Fujita, Shinichi Tokumoto and Shinichi Hirai

Ritsumekan University, Noji-higashi 1-1-1, Kusatsu, Shiga 525-8577

**Abstract:** In this paper, we will propose a deformation graph of a rheology object. First, a new mechanism is developed to realize deforming process of rheology objects. Next, a deformation transition graph of rheology objects is developed to describe forming process of rheology objects such as pizza dough and . Using the transition graph, we can plan the forming process of a rheology object. Finally, a transition graph generated though experiment is illustrated.

**Key Words:** rheology, manufacturing, deforming machine, deformation.

### 1. 緒言

現在、様々な分野において、レオロジー物体を扱う作業が存在する。たとえば、食品の製造現場では、パン生地、ピザ生地、プリン、ゼリーなどレオロジー物体が多く扱われている。医療分野では、生体をハンドリングする作業がある。特に、物体を大きく変形させる成形作業においては、人間によって行われている部分が多い。たとえば、少量生産のピザ生地を成形する工程では、生地を平らに伸ばし、円形にしなければならない。現在、生地を伸ばす機械は開発されている。この機械は、最終的な成形を行うことができない。最終的な成形は、人間によって行われている。一方、食品や生体を対象とする作業は、コスト面や衛生面から自動化が望まれている。

本報告では、ピザ生地に代表されるレオロジー物体の成形作業を対象とし、成形作業自動化のためのレオロジー物体変形形状挙動について考察する。まず粘弾性物体を成形する機械のメカニズムを提案する。次に、レオロジー物体の変形形状推移グラフを示す。

### 2. レオロジー物体成形機械のメカニズム

本報告では、レオロジー物体としてピザ生地を扱う。ピザ生地の特徴として粘性・弾性があるため時々刻々と形状が変化すること、主原料が小麦粉と水のため個々の特性にばらつきがあることが挙げられる。また温度・湿度によっても、特性が変化する。したがって専用機械では、ローラーとテーブルの位置関係が固定されており、成形作業の自動化は難しい。そこで、多様な形状・特性に対応するためには、ローラーとテーブルの間隔とローラーの傾きの変化ならびにテーブルの回転と往復運動を実現するメカニズムが必要である。

そこで、本報告では、Fig.1 に示すメカニズムを提案する。このメカニズムは、ローラーとテーブルの間隔、

ローラーの傾きを変えることができ、テーブルの回転運動と往復運動を実行できる。

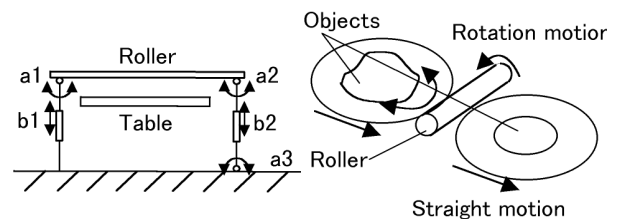


Fig.1: Mechanism of proposed deforming machine

ローラー部は、回転ジョイント  $a1$ ,  $a2$ ,  $a3$  と伸縮ジョイント  $b1$ ,  $b2$  からなる。これらにより、ローラーの傾き、ローラーとテーブルの間隔を調整する。またテーブル部は、テーブルを回転させる部分とテーブルを前後させる部分からなる。この基本メカニズムを持つ機械の試作品を Fig.2 に示す。

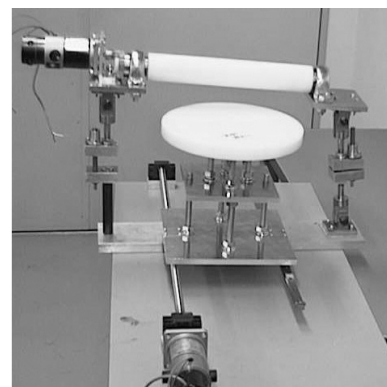


Fig.2: Prototype of deforming machine

### 3.変形形状推移グラフ

提案した成形機械によりレオロジー物体を成形する時には、成形機械の一連の動作を計画する必要がある。シミュレーションを用いると、変形の過程を事前に求めることができる。しかし、レオロジー物体を望みの形状に成形するための成形機械の動作をシミュレーションにより導くことは、困難である。

レオロジー物体は、材料の非均一性、特性の変化が著しく、定量的なシミュレーションは必ずしも必要ではない。むしろ、成形制御則と変形形状との関係を定性的に示すことができれば、それを用いて一連の成形作業を計画することができる。そこでレオロジー物体の成形過程を定性的に理解する。このとき、レオロジー物体の変形形状をグラフのノードで表し、成形機械の動作をグラフのアーキで表す。このようなグラフを変形形状推移グラフと呼ぶ。変形形状推移グラフを作成する時は、変形形状と機械の動作の関係を調べる必要がある。これは実験を通して調べても、シミュレーションを通して調べてもよい。今回は実験により行う。そして実験から得た変形形状を利用し、レオロジー物体の変形形状推移グラフを提案する。

### 4.変形実験による推移グラフの作成

本節では、変形形状推移グラフを実験を通して作成する。第2節で示した試作機を用いて、ローラーの傾き・ローラーとテーブルの間隔・テーブルの回転を一定量変化させ、レオロジー物体を変形させる。対象とするレオロジー物体は、小麦粉と水をこねたものを使用する。

今回用いた成形機械の制御量を Fig.3 に示す。今回はローラーとテーブルの間隔  $D$ 、ローラーの傾き  $\theta$ 、テ

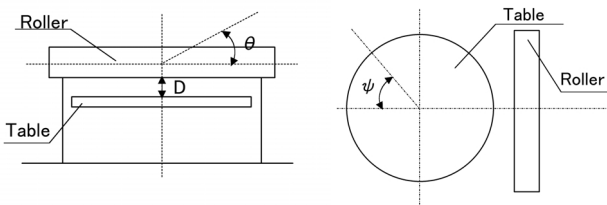


Fig.3: Experiment condition

ーブルの回転量  $\varphi$  を制御する成形機械の動作として次を考える。

- $D=15\text{mm}, \theta=0^\circ, \varphi=0^\circ$
- $D=10\text{mm}, \theta=0^\circ, \varphi=0^\circ$
- $D=10\text{mm}, \theta=0^\circ, \varphi=90^\circ$
- $D=10\text{mm}, \theta=0^\circ, \varphi=180^\circ$
- $D=10\text{mm}, \theta=0^\circ, \varphi=270^\circ$

以上の5つの条件に対して、実験した結果、Fig.4 に示すグラフが得られた。ここでは、ローラーの傾き  $\theta=0^\circ$  の場合を今回検討する。 $\theta=0^\circ$  の場合、複数回伸ばすことによって、一様に平らな形状を達成することがで

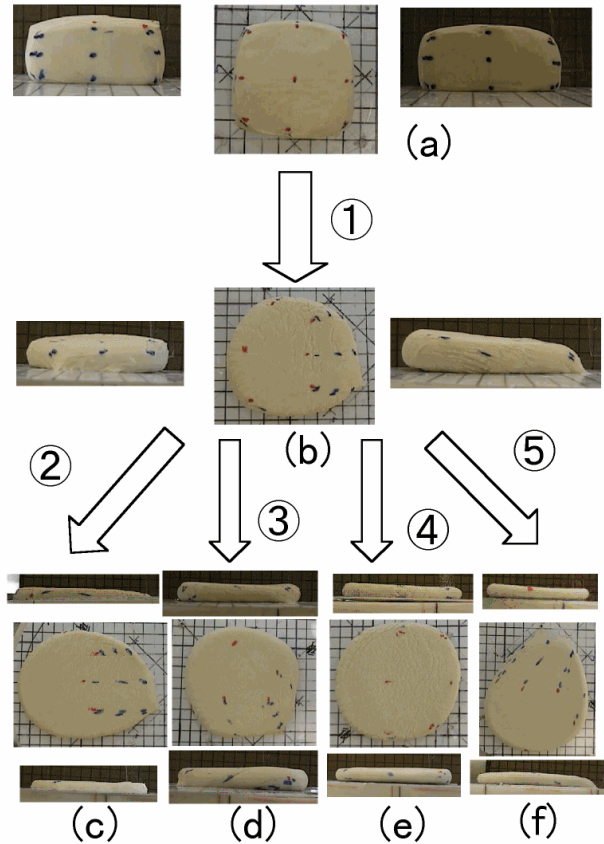


Fig.4: A deformation transition graph of rheology objects

きる。また、テーブルの回転を変えることによって、ローラーの傾きを変えなくても、様々な変形形状を導くことが可能である。変形形状(d), (f)は左右対称の形になり、(e)は比較的円に近い。(c)は、(b)よりさらに伸ばされた形状となる。このグラフより、ローラーとテーブルの間隔  $D$  とテーブルの回転量  $\varphi$  を制御することにより、円形形状への成形は可能であると考えられる。

### 5.結言

本報告では、多自由度成形メカニズムを試作し、レオロジー物体の変形形状推移グラフの概念を提案した。成形機械による実験から変形形状グラフの一部を作成した。今後は、動作を増やした場合についてのグラフを作成し、そのグラフを基に作業計画を行なう。なお、本稿の一部はネスレ科学振興会から研究助成を受けている。

### 【参考文献】

- 1) 徳本、藤田、平井。“格子モデルを用いた粘弾性物体のモデリングとその成形作業過程の解析”，ロボティクス・メカトロニクス99講演会予稿集 CD-ROM, 1999

