

# 物体のインタラクティブな引き抜きを可能とするための基礎検討

柴田 海音\* 松浦 昭洋\*

**概要.** 本稿では、物体の多様な引き抜きを可能なインタラクティブシステムを構築するための基礎実験として、シリンジからプランジャを引き抜く際の最大荷重が、シリンジ内の空気量や電磁弁の開閉パターンによりどのように変化するかを調べる計測を行い、シリンジサイズ、シリンジ内の空気量、電磁弁の開閉タイミングと開放度合いによる最大荷重の変化の特徴を確認した。

## 1 はじめに

物体を引き抜く行為は、植物[1]、歯や杭、引き抜く玩具、引き抜こうとすると悲鳴をあげる伝説をもつ植物（マンドラゴラ）など、様々な対象や表現で扱われる。しかし、引き抜く行為を多様な感触で体験できるインタラクティブシステムは筆者らの知る限りない。そこで本研究では、その対話性の実現のためにシリンジ（注射筒）を利用し、プランジャ（吸子）を引き抜く際の荷重や感触を制御するアプローチをとることとした。そのための基礎データを得るため、本稿では2つのサイズのシリンジを用い、シリンジのサイズや内部の空気量と引き抜く際の最大荷重の関係、荷重や触感の時系列デザインの基礎となる、電磁弁の開閉パターンによる最大荷重を計測する実験を行った。その結果、最大荷重の多寡が、シリンジのサイズ、内部の空気量、電磁弁の開閉タイミングと開閉する領域の面積によって、増減する特徴を確認した。さらに、弁の開閉による荷重の断続的な変化は、植物の根などが切れる触感の模擬への使用可能性を確認した。

## 2 シリンジを用いた引き抜き実験

### 2.1 実験概要

本研究では、シリンジからプランジャを引き抜く際の荷重や感触をシリンジ内部の空気量やシリンジの開閉パターンを変えることで実現する方法を考えた。本研究では、その基礎実験として、シリンジに押し込まれたプランジャを引き出す際の最大荷重が、それらの条件によりどう変化するかを計測により調べた。

Copyright is held by the author(s). This paper is nonrefereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

\* 東京電機大学

### 2.2 実験内容

本実験には2種類のシリンジ（20ml用：円筒の内径18.2mm、長さ95.5mm、100ml用：円筒の内径35.5mm、長さ146.7mm）を用いて、中に押し込まれたプランジャを引き出す際にかかる最大荷重を、シリンジに対して以下の3条件の実験で測定した。

実験1：シリンジ内空気量（プランジャの初期位置）

実験2：電磁弁の開閉タイミング（ON/OFF）

実験3：比例電磁弁の開放度合い

いずれの実験でも、図1のように、シリンジはテーブル上水平に配置され、シリンジ先端部の外側には電磁弁を取り付けてあり、プランジャの取手側には吊りばかりが付けられ、そのはかりの先を持ち、凡そ一定の速度で水平に引き出す。同じ条件の引き抜きを5回行い、それらの平均をとって分析した。

実験1では電磁弁は閉じて用いる。実験2では直動型電磁弁（CKD, AB21-1-A-DC12V）を用い、開閉の単位時間を250ms, 175ms, 100msの3種類として、それぞれの時間の場合に、開閉の時間比を1:1, 1:2, 1:4としてプランジャを引き出す際の最大荷重を計測した。実験3では、比例電磁弁（SMC, PVQ31-6G-16-01T-F）を用い、PWM制御で電磁弁の開放度合いを制御し（値0が完全に閉じた状態、255が完全に開いた状態）、それぞれのPWM値における最大荷重を計測した。

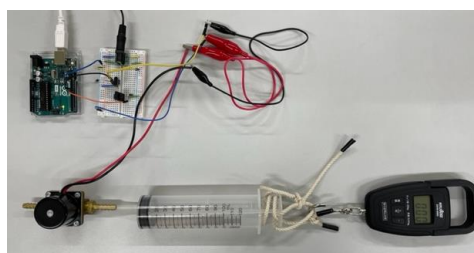


図1. 実験装置の構成。

### 2.3 実験結果

3実験全てにおいて、20ml, 100mlのシリンジで

得られたグラフの傾向は同様であったため、紙面の制約で、本稿では 100ml の場合の結果のみ記す。

まず図 2 に実験 1 の 100ml の場合のグラフを示す。グラフの横軸はプランジャ内の空気量を、縦軸は最大荷重を表す。20ml と 100ml 両シリンジにおいて、空気量が多いほど最大荷重は大きく、空気量が減るにつれて荷重は直線的に減少した。

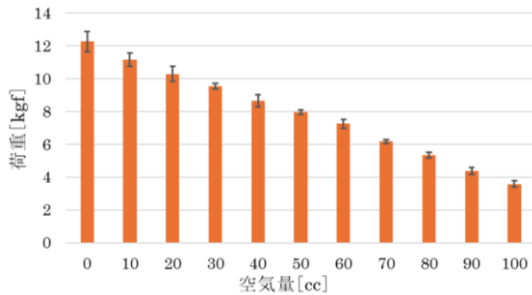


図 2. 100ml シリンジにおける空気量と最大荷重の関係。

図 3 に実験 2 で得られた 100ml の場合のグラフを示す。得られたグラフの特徴として、まず 3 種類の単位時間のいずれにおいても、比の値が小さい、すなわち弁の開時間が長いほど、引き抜く際の最大荷重が大きくなった。特に 1:4 の場合、値の上昇の割合が大きい傾向にあった。これは引き抜きの試行時に弁が閉じる場合の影響を受けるか否かに結果がよるからではないかと考えられる。また、1:4 のときは特に、閉の際に手が引っかかる感覚があった。単位時間の違いに関しては、1:1, 1:2 のときは、単位時間の違いによる最大荷重の差は殆どなく、1:4 のときは、単位時間が大きいほど荷重が大きくなる傾向があった。これも上記の閉となる時間が長いことが影響しているのではないかと考えられる。

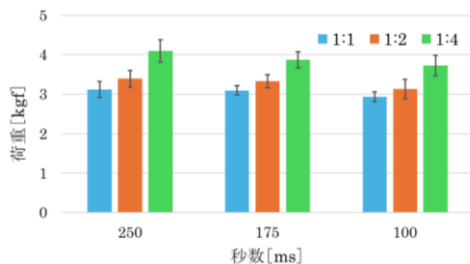


図 3. 電磁弁の開閉パターンと最大荷重の関係

実験 3 (100ml) で、PWM 値 0 から 255 まで 30 刻みで変化させた際の最大荷重のグラフを図 4 に示す。結果は 0 から 180 までは荷重が殆ど変わらず、180 から 210 において荷重が半減した。そこでその範囲で PWM 値を 5 刻みで変えて計測し、さらに、荷重が大きく減少する 195 から 205 まで 1 刻みで値を変えて計測した。その結果を図 5 に示す。0 から 190 程度まで荷重はあまり変化しない。195 から

205 までは直線状に減少し、210 まで再び急激に減少し、その後 255 まで緩やかに減少した。なお、210 においては標準偏差が極端に大きくデータにばらつきがあり、測定上問題があった可能性がある。

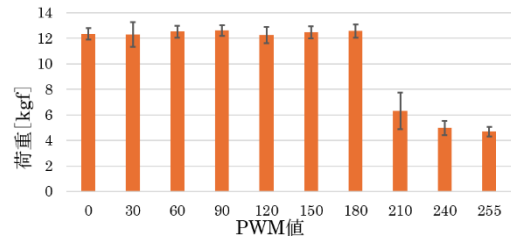


図 4. 比例電磁弁の PWM 値 (0-255) と最大荷重の関係。



図 5. 比例電磁弁の PWM 値 (195-205) と最大荷重の関係。

### 3 考察

2.3 節において、シリンジ内の空気量、電磁弁の開閉パターン・開放度合いと最大荷重との間に一定の値や増減の傾向が見て取れた。今回の結果やさらに精緻な統計的な分析結果は、今後シリンジの構造をもつ、物体を引き抜くインタラクティブシステムに活かせると考えられる。具体的に、実験 1 の結果は、引き抜く物体のシリンジ内での高さ情報が最大荷重の制御に利用できることを示唆している。実験 2 より、弁の開閉時間の比を時系列で変化させることで、荷重の時系列変化も可能であることがわかり、上記のインタラクティブ性の実現可能性が示唆される。単位時間の違いは最大荷重にはさほど変化は生まないが、引き抜く際の引っかかる感覚・凸凹感の違いを生み、例えば 250 ms のように長い単位時間は植物の根を引き抜く際の触感の模擬への利用が考えられる。実験 3 より、PWM 値の精緻な測定と荷重との相関が得られることで、弁の ON/OFF より滑らかで連続的な荷重の変化をデザインすることが可能と考えられる。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 24K15250 の助成を受けて行った。

### 参考文献

- [1] 岩崎正美, 石原昂, 根菜類の引抜き抵抗力, 農業機械学会誌, 第 37 巻第 1 号, pp. 76-80, 1973.