

# 그리스의 생산 균질도 파악을 위한 실시간 색추적 알고리즘 연구

김지준, 이진\*  
동아대학교 기계공학과

## Research on real-time color tracking algorithm for assessing production uniformity of grease

Ji-Jun Kim, Jin Lee\*  
Department of Mechanical Engineering, Dong-A University

**요약** 교반공정은 일반적으로 공정시간을 조절하고 공정시간이 길어짐에 따라서 균질성이 높아진다. 하지만 과도한 교반공정은 기포발생으로 인한 성능저하 및 생산량 감소로 이어진다. 그리스에 첨가제를 추가하는 경우 균질성과 기포정도에 따라서 성능이 결정된다. 그리스의 점도와 첨가제의 종류에 따라서 적합한 교반공정 시간은 예측하기 어렵고 실험을 통해 측정한다. 실험을 통해서도 그리스의 점도와 첨가제에 따라서 얼마나 교반공정이 진행되었는지는 확인 할 수 있는 방법이 매우 제한적이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 이미지센서를 활용하여 그리스의 교반정도를 측정하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 색공을 그리스위에 띄워서 색공의 움직임을 측정하는 방법이다. 제안된 방법을 이용하여 공의 움직임 정도를 그리스의 교반진행 정도로 표현 할 수 있다. 실제 산업현장에서 사용성을 높이기 위해서 실시간 성능을 구현하였다. 제안된 방법을 검증하기 위해 교반기의 교반 속도를 높여서 제안된 수식을 적용하여 교반정도를 나타내는 값이 상승하는 것을 확인하였다. 향후 그리스 생산뿐 아니라 다양한 교반공정에서 교반정도를 측정하는 수단으로 사용하여 다양한 환경변수에 따라 적합한 공정시간을 측정하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

**Abstract** Generally, the homogeneity of grease increases as the stirring time becomes longer. However, excessive stirring leads to a decrease in performance and production quantity due to the formation of bubbles. The performance of the product is determined by the homogeneity and the amount of foam generated when additives are added to grease. It is difficult to predict the appropriate stirring time, which depends on the viscosity of the grease and the type of additives, and it is measured through experiments. However, there are very limited ways to determine how much stirring has occurred depending on the viscosity and the type of additive. To solve this problem, we propose a method to measure the degree of stirring of grease using an image sensor. The proposed method involves floating a colored ball on the grease and measuring its movement. With the proposed method, the degree of movement of the ball can be used to represent the degree of stirring of the grease. Real-time performance was implemented to increase the method's usability. To verify the proposed method, we increased the speed of the stirrer and confirmed that the result indicates the degree of stirring of the grease increased when applying the proposed formula. This method could be useful for measuring the appropriate stirring time according to various environmental variables in grease production and other stirring processes.

**Keywords** : Grease, Mixing, Color Tracking, Image Processing, HSV

이 논문은 동아대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\*Corresponding Author : Jin Lee(Dong-A Univ.)

email: jinlee@dau.ac.kr

Received April 12, 2023

Accepted July 7, 2023

Revised June 21, 2023

Published July 31, 2023

## 1. 서론

다양한 기능성을 고려하는 산업용 그리스 연구개발에서 고흥, 액상형 첨가제를 혼합한다. 첨가제를 통해 냉각, 고온, 윤활 성능개선 등 다양한 기능성 그리스의 생산이 가능하다. 첨가제가 추가된 그리스의 대량생산을 위해서는 교반기, 콜로이드 밀, 진공펌프 등과 같은 장비가 사용된다. 그리스 생산을 위해서는 각각의 장비의 가동시간을 정해야 한다. 일반적으로 교반기정 시간이 증가할수록 그리스의 균질도는 높아진다. 하지만 생산 공정이 길어짐에 따라서 생산비용 증대를 유발한다. 따라서 그리스의 품질관리 및 생산효율을 높이기 위해서 균질도에 따른 교반기정을 평가할 수 있는 수단이 필요하다. 현재 균질도 평가는 실제 생산된 제품을 모터, 절삭공구 등과 같은 구동장치를 이용하여 실험적으로 실증하고 있다. 기존에 알려진 균질도 평가방법은 CFD 기법을 이용한 사례가 연구되었다[1,2]. 이러한 실제 실험을 기반으로 한 검증은 많은 비용을 초래함으로써 이를 대신할 방법을 본 논문에서 제안하였다. 제안하는 균질도 평가방법은 실시간 이미지데이터를 사용하여 그리스의 균질도를 간접적으로 확인할 수 있는 방법이다[3,4]. 영상처리 기법을 적용하기 위해 시험하고자 하는 그리스에 색공을 띄우고 교반하는 동안 공의 움직임을 측정한다. 측정된 움직임을 기반으로 그리스의 교반기정의 시간에 따른 균질도 파악을 정량화하였다. 교반기정 정량화를 통해서 다양한 기능성 그리스의 생산효율성 증대와 적합한 교반기정으로 인한 기포감소로 인한 성능 증가를 기대할 수 있다.

## 2. 그리스 생산 공정 및 평가 방법 제안

절삭용 그리스를 생산하기 위한 연구 단계에서는 실험실 단위로 그리스 용액에 특정 비율로 첨가제를 넣어 제조한다. 그리스와 첨가제를 혼합하기 위해 교반기를 사용한다. 그리스의 점도와 첨가제에 종류에 따라서 적합한 혼합 시간을 예측하기 어려운 측면이 있다. 그리고 혼합의 정도를 정량화하지 못하고 교반기의 작동 시간만 측정한다. 이는 점성과 첨가제 특성을 고려한 혼합 정도를 측정할 수 없다. 이로 인해 실험실 단위에서의 연구를 실제 대량 생산공정에 적용하기 어려운 문제점이 있다. 따라서 그리스에 첨가제가 혼합되는 정도를 측정하기 위해서 색공을 이용한 방법을 제안하고자 한다. 특정 색을 가지는 색공을 그리스에 추가하여 색공의 움직임을 측정

하고 유체의 움직임 정도를 추정하고자 한다. 측정된 색공의 움직임 정도가 혼합 정도를 나타내는 지표로 본 논문에서는 사용하였다. 이러한 방법을 사용하여 점성과 질량이 다른 용액, 첨가제의 혼합정도를 정량화 할 수 있다. 색공은 비커 및 실험기구의 색과 구분되는 색깔로 정한다. 색공이 들어간 용액의 이미지 데이터를 가공하여 색공의 색 데이터만 추출 후 추출된 특정 색 데이터의 중심점을 현재 위치로 정의한다. 다음 변위로 이동하는 시간을 측정하여 유체의 속도와 변위를 정의한다. 색공이 움직인 정도는 유체가 혼합된 정도를 나타낼 수 있다. 이를 통해서 유체의 점성을 고려한 그리스 용액과 첨가제의 혼합정도를 정량화할 수 있다.

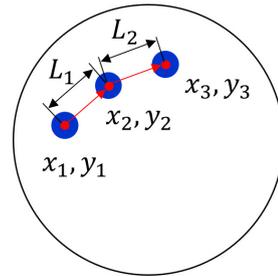


Fig. 1. Trajectory of a color ball

Fig. 1은 비커 공간에서 유체의 혼합 정도를 파악하기 위한 색공의 변위 측정법을 보여준다. 색공의 변위 측정을 통해서 혼합 시간당 변위를 구하여서 혼합 정도를 정량화할 수 있다.

$$m = \frac{L_1 + L_2 + \dots + L_i + \dots + L_n}{t} \quad (1)$$

Eq. (1)에서  $t$ 는 교반 시간이고  $m$ 은 혼합 정도를 나타낸다.  $m$  값을 통해서 교반기정에서 시간당 혼합정도를 측정하여 공정시간 동안 정량적으로 그리스의 혼합정도를 계산할 수 있다.

## 3. 실시간 고속 색 추종 알고리즘

### 3.1 색공간 모델 활용방법 제안

이미지 센서의 데이터로 특정 색공의 중심점 위치를 추정하기 위해 이미지데이터에서 특정 색만 추출하여야 한다. 이를 위해서 이미지센서의 색 데이터를 HSV로 변환하는 것이 유리하다.

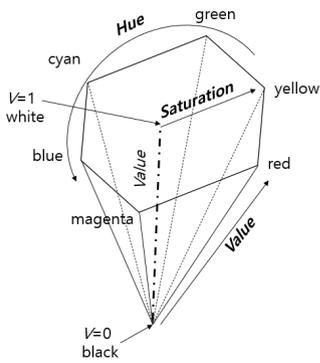


Fig. 2. HSV value against chroma

Fig. 2는 HSV 색표현을 잘 보여주는 모형이다. RGB 데이터에서는 표현할 수 없는 명도와 채도를 표현할 수 있다[5,6]. HSV 색표현은 명도와 채도 데이터를 활용하여 특정 범위의 채도와 명도의 데이터만 선택하므로 배경과 같은 노이즈를 효과적으로 제거할 수 있다[7]. 이미지 데이터를 분석하기 위해서는 많은 양의 연산이 필요하다. 많은 연산은 실시간 색 추종에서 연산 지연을 발생 시켜서 실시간 성능을 구현 할 수 없다. 연산 지연을 막기 위해서 많은 양의 배열 연산에 특화된 python numpy 패키지를 활용하였다.

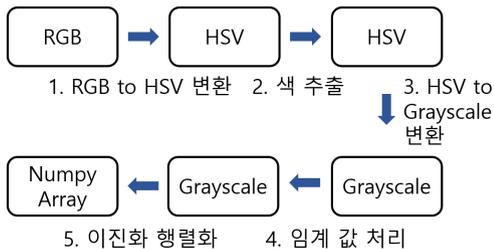


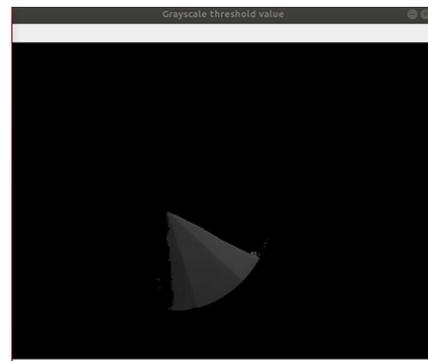
Fig. 3. image processing diagram

색공을 활용한 그리스 균질도를 평가하기 위한 이미지 전처리 방법은 Fig. 3과 같다. Fig. 3에서 이미지 데이터를 추출하기 위해 카메라에서 출력되는 RGB데이터를 HSV로 변환한다. HSV데이터에서 특정 색상을 선택하고 명도와 채도의 범위를 설정하여 범위를 벗어나는 값을 0으로 만든다. 이후 연산량을 줄이기 위해 HSV를 그레이스케일로 변환한다. 그레이스케일 변환을 통해서 3차 배열을 2차 배열로 만든다. 그레이스케일에서 특정 임계값 처리를 통해서 해당 조건을 만족하는 경우 값을 1로 만들어 중심점을 찾는 연산의 편의성을 높였다. 연산량을 추가적으로 줄이기 위해서 변환된 HSV 모델을 그레이스

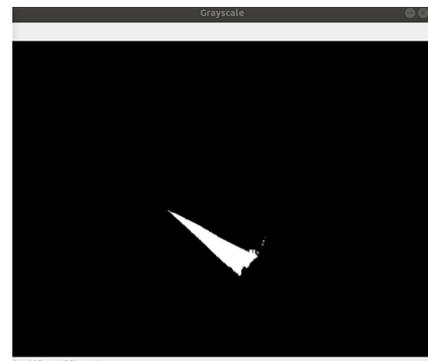
케일 모델로 변환하였다. 이를 통해 이미지 배열의 크기는 기존 HSV모델에 비해 1/3정도의 크기로 줄일 수 있다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 4. image processing result  
(a) RGB image (b) Grayscale image  
(c) thresholded grayscale data

Fig. 4는 전처리를 통해 색 원판에서 파란색을 추출한 결과이다. 전처리 과정은 Python과 OpenCV 라이브러리로 구현하였다.

### 3.2 Numpy 행렬연산을 이용한 색추종

추출된 색의 중심점을 찾기 위해서는 1로 저장된 행렬의 행과 열을 데이터를 모두 합하여 평균을 구하는 방법이 있다.

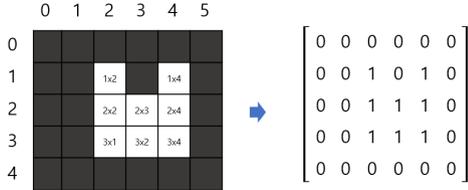


Fig. 5. grayscale thresholding to array conversion

Fig. 5는 이미지데이터를 연산을 위해 행렬로 바꾼 것이다. 1로 활성화된 행과 열의 평균을 통해 추출된 이미지의 중심점을 구할 수 있다.

$$A^T \times I \times [1, \dots, n] = ohm, A \in R^{m \times n}, ohm \in R^{n \times m} \quad (2)$$

Eq. (2)는 이미지데이터를 행렬로 표현한 A에서 1로 활성화된 픽셀의 행 위치를 얻기 위한 식이다. 활성화된 픽셀의 행벡터를 구하기 위해 행렬 A를 전치 행렬로 적용하였다.

$$A \times I \times [1, \dots, m] = C, \quad (3)$$

$$A^T \times I \times [1, \dots, n] = ohm, A \in R^{m \times n}, ohm \in R^{n \times m}$$

Eq. (3)은 이미지데이터에서 열벡터를 얻기 위한 식이다.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}^T \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}^T \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \\ 0 & 0 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$

Eq. (4)은 제안된 행렬연산의 예시이다. 예시를 통해 확인한 것과 같이 제안된 Eq. (2)와 (3)을 통해 활성화된 픽셀의 행과 열만 추출할 수 있다.

$$\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n ohm_{ij}^T}{n} = x_{estimate}, \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n C_{ij}}{m} = y_{estimate} \quad (5)$$

Eq. (5)는 최종적으로 색의 중심을 찾는 수식이다. Eq. (5)를 통해서 색공의 영상 프레임당 이동변위  $L_i$  값을 구하여 혼합정도를 나타내는 지표  $m$ 을 구할 수 있다.

### 4. 이미지센서를 이용한 혼합 평가 실험

Fig. 6은 실험에 사용되는 자기식 교반기와 색공이다. 제안된 방법을 검증하기 위해서 실험을 진행하였다. 색공 및 배경은 파란색과 흰색바탕을 준비하여 효과적인 배경 및 노이즈 제거를 할 수 있도록 하였다.

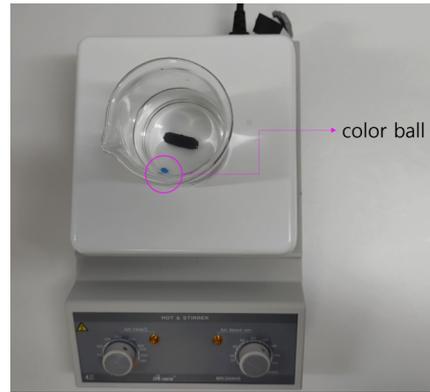


Fig. 6. Photograph of magnetic stirrer and color ball

Fig. 7은 제안된 알고리즘을 적용한 자기식 교반기와 분홍색 테두리로 표시한 파란색 공 사진이다. 파란색 공을 잘 인식한 것을 확인할 수 있다. 실험은 교반기의 속도를 빠르게 하여 Eq. (1)에서 제안된  $m$  값이 증가하는 지를 확인하였다.



Fig. 7. Photograph of color ball recognition applied with the proposed algorithm

Table 1. Test result

| RPM | $m$   |
|-----|-------|
| 30  | 59.1  |
| 55  | 85.2  |
| 80  | 106.7 |

Table 1에서 보는 바와 같이 교반기의 회전속도가 증가할 때 제안한  $m$  값이 증가하는 것을 확인하였다. 이를 통해서 제안된 그리스 혼합 정도를 파악하기 위한 상수  $m$ 을 활용 할 수 있음을 확인하였다.

### 5. 결론

본 연구는 그리스 생산을 위한 연구 단계에서 용액과 첨가제의 혼합 정도를 파악하기 위한 측정 방법을 제안하였다.

1. 용액이 포함된 비커에 색공을 올려서 용액을 움직임을 추적하기 위해 색공을 이용하였다.
2. 제안된 알고리즘을 적용하여 색공의 추적하는 알고리즘의 처리시간을 줄였다.
3. 실시간 영상으로 색공을 추적할 수 있는 성능을 구현하여 실제 현장에서 사용하는 사용자 편의성을 높였다.
4. 교반기를 통한 실제 실험을 통해서 교반정도를 나타내는  $m$ 값을 측정할 수 있었다.
5.  $m$ 값을 통해 혼합 공정의 공정 진행 정도를 정량화 할 수 있음을 확인하였다.

본 논문에서 진행한 교반 정도를 측정하는 색공 추종 알고리즘은 액체류 및 고형 첨가제를 혼합하는 다른 공정에 적용하여 액체의 점도에 따라서 측정하기 어려운 교반 정도를 측정하여 공정 효율 개선을 기대할 수 있다.

### References

[1] H. N. Im, H. W. Lee, I. S. Lee, and J. W. Choi, "Agitation Performance Study of 2-shafts Agitator Rotate Direction in the Mud Tank Based on CFD", *Journal of Ocean Engineering and Technology*, Vol.28, No.2, pp.111-118, Apr. 2014.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5574/KSOE.2014.28.2.111>

[2] H. H. Choi, J. R. Choi, G. N. Hur, G. H. Jeong, S. Y. Lim, T. J. Ok, "A Prediction of Mixing Performance by using the Volume Uniformity Indices of the Gas And Solid Particles Inside the three-phase Industrial Stirred Vessel", *Information Journal of Computational Fluids Engineering*, Vol.26, No.3, pp.101-107, Sep. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.6112/ksce.2021.26.3.101>

[3] J. S. Kim, "Improvement of Bit Recognition Rate for Color QR Codes By Multiplexing Color and Pattern", *Information Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.24, No.8, pp.1012-1019, Aug. 2021. DOI: <https://doi.org/10.9717/kmms.2021.24.8.1>

[4] W. S. Yang, "Implementation of Vision System combining Character and Color Recognition", *The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.16, No.1, pp.221-225, Feb. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2016.16.1.221>

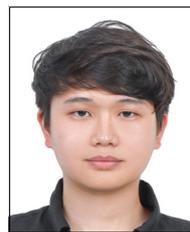
[5] N. R. Choi, S. I. Choi, "Preprocessing Technique for Lane Detection Using Image Clustering and HSV Color Model", *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.20, No.2, pp.144-152, Feb. 2017. DOI: <https://doi.org/10.9717/kmms.2017.20.2.144>

[6] S. W. Chae, K. K. Jun, "HSV Color Model based Hand Contour Detector Robust to Noise", *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.18, No.10, pp.1149-1156, Oct. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.9717/kmms.2015.18.10.1149>

[7] H. S. Park, "Vehicle Tracking System using HSV Color Space at nighttime", *Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, Vol.8, No.4, pp.270-274, Aug. 2015.

김 지 준(Ji-Jun Kim)

[정회원]



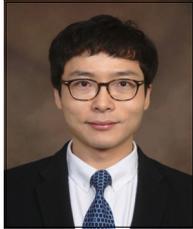
- 2020년 8월 : 울산대학교 기계공학부 항공우주공학과 (공학사)
- 2023년 2월 : 동아대학교 기계공학과 (기계공학석사)

<관심분야>

제어, 로봇, 강인제어

이 진(Jin Lee)

[정회원]



- 2008년 2월 : 한양대학교 기계공학부 (공학사)
- 2014년 8월 : 한국과학기술원 기계공학과 (공학박사)
- 2014년 8월 ~ 2017년 8월 : Johns Hopkins 대학교 박사후 연구원
- 2017년 9월 ~ 2021년 2월 : Raytheon Technologies Research Center 선임연구원
- 2021년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 기계공학과 조교수

<관심분야>

유동 해석, 데이터 분석