

원자로 열유체 실험 (8)

Department of Nuclear Engineering, Seoul National Univ.
Hyoung Kyu Cho

조별 실습 관련

❖ 개강 시 계획

✓ 한주 씩 지연

A
B
C

주차	실습 내용	비고	조교
7 (4/14)	• CHF 기초	• 비등 열전달 이론 • 수조 CHF 촬영, NEOUL 장치 시운전	• 김건우/유진성/홍희표
8 (4/21)	• CHF 실험-1	• 정지상태 실험	• 김건우/유진성/홍희표
9 (4/28)	• CHF 실험-2	• 요동조건 실험	• 김건우/유진성/홍희표
10 (5/12)	• ECC bypass 실험-1	• DAQ 작성, 예비 실험	• 최치진/이산
11 (5/19)	• ECC bypass 실험-2	• 기체유량, 액체유량, 비대칭 효과 실험	• 최치진/이산
12 (5/27)	• IR 카메라 실습	• IR 이론, Leidenfrost 촬영 (HSV + IR)	• 김신엽/이산
13 (6/2)	• 기포거동 실험-1	• 센서 제작, DAQ 작성, 기포율 측정	• 조형규/정명진
14 (6/9)	• 기포거동 실험-2	• HSV 촬영, 영상 처리	• 조형규/정명진
15 (6/16)	• 기포거동 실험-3	• PIV + HSV, 영상 처리	• 조형규/정명진/김신엽

조별 실습 관련

❖ 계획

- ✓ 마지막 실험을 2주에 마치도록 조정하거나 보강 수업 예정
- ✓ 조추첨

A
B
C

주차	실습 내용	비고	조교
8 (4/21)	• CHF 기초	• 비등 열전달 이론 • 수조 CHF 촬영, NEOUL 장치 시운전	• 김건우/유진성/홍희표
9 (4/28)	• CHF 실험-1	• 정지상태 실험	• 김건우/유진성/홍희표
10 (5/12)	• CHF 실험-2	• 요동조건 실험	• 김건우/유진성/홍희표
11 (5/19)	• ECC bypass 실험-1	• DAQ 작성, 예비 실험	• 최치진/이산
12 (5/27)	• ECC bypass 실험-2	• 기체유량, 액체유량, 비대칭 효과 실험	• 최치진/이산
13 (6/2)	• IR 카메라 실습	• IR 이론, Leidenfrost 촬영 (HSV + IR)	• 김신엽/이산
14 (6/9)	• 기포거동 실험-1	• 센서 제작, DAQ 작성, 기포율 측정	• 조형규/정명진
15 (6/16)	• 기포거동 실험-2	• HSV 촬영, 영상 처리	• 조형규/정명진
15 (6/23)	• 기포거동 실험-3	• PIV + HSV, 영상 처리	• 조형규/정명진/김신엽

향후 예정 실습

❖ Critical heat flux

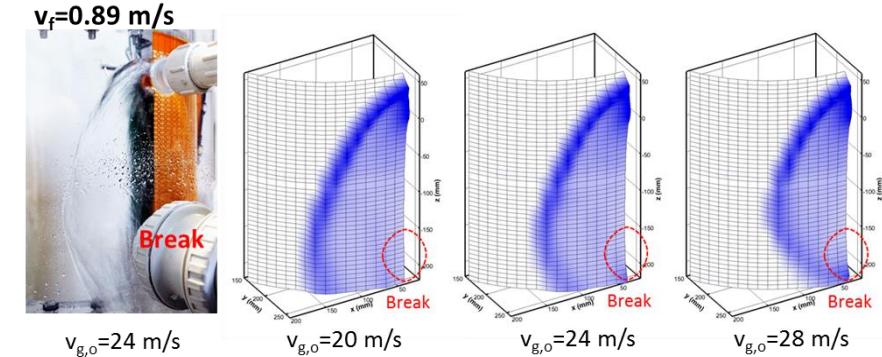
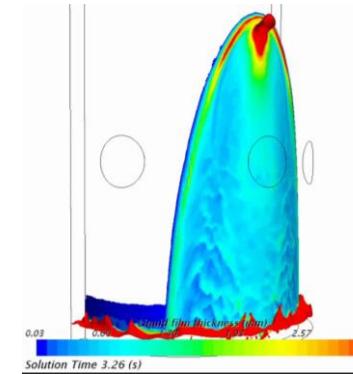
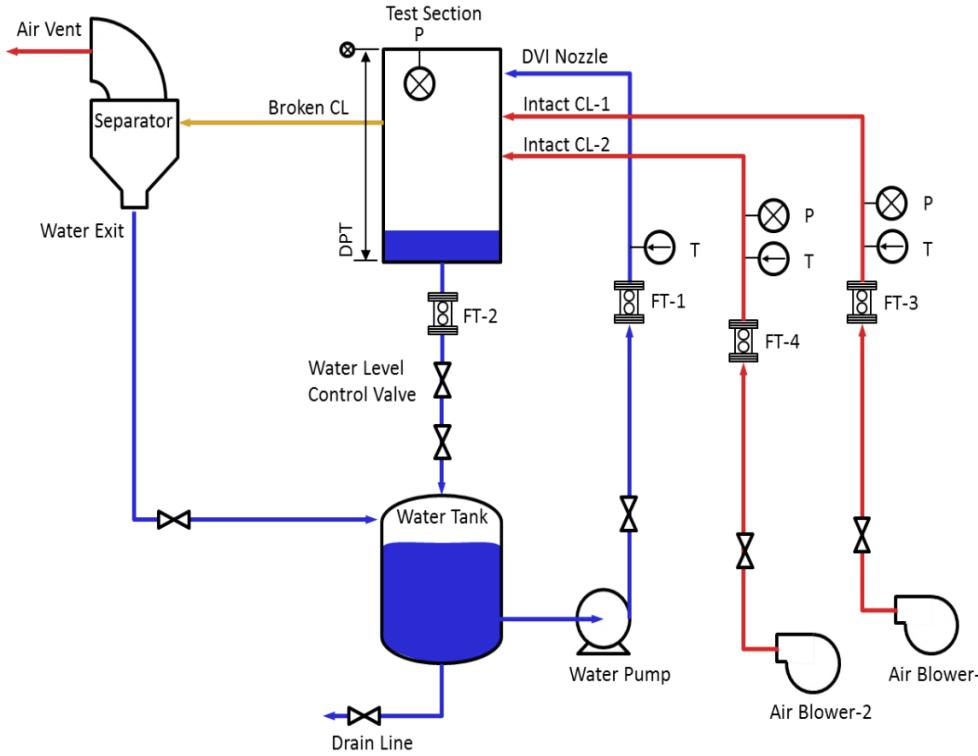
- ✓ CHF 이론
- ✓ NEOUL-R 실험장치 운전
- ✓ 수직 및 경사 조건에서 CHF 취득 및 분석



향후 예정 실습

❖ ECC bypass

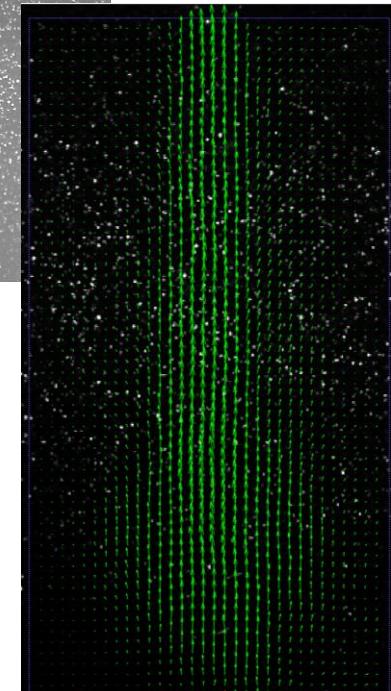
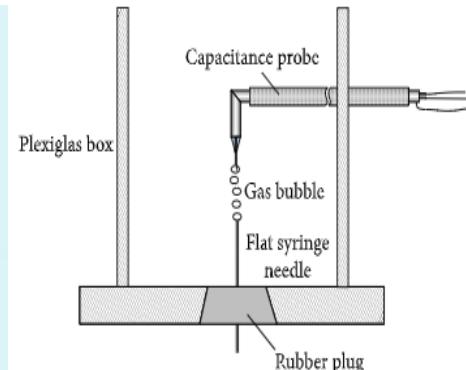
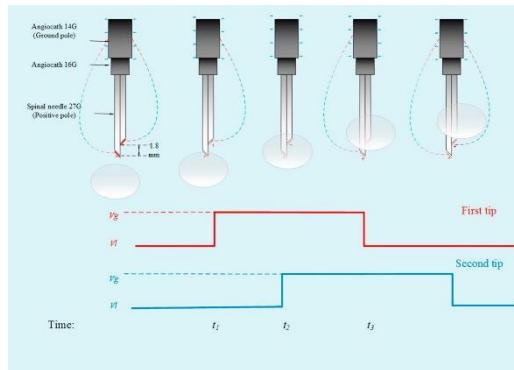
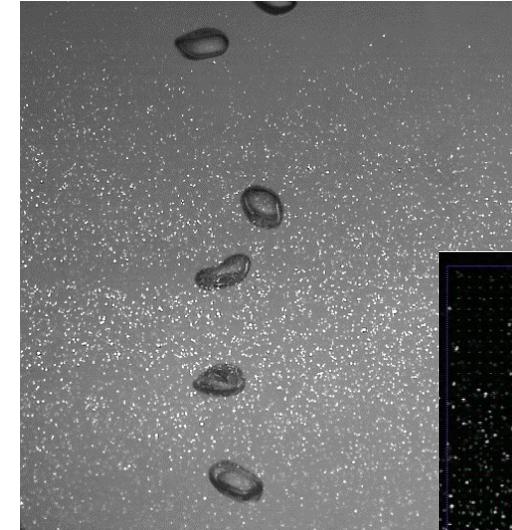
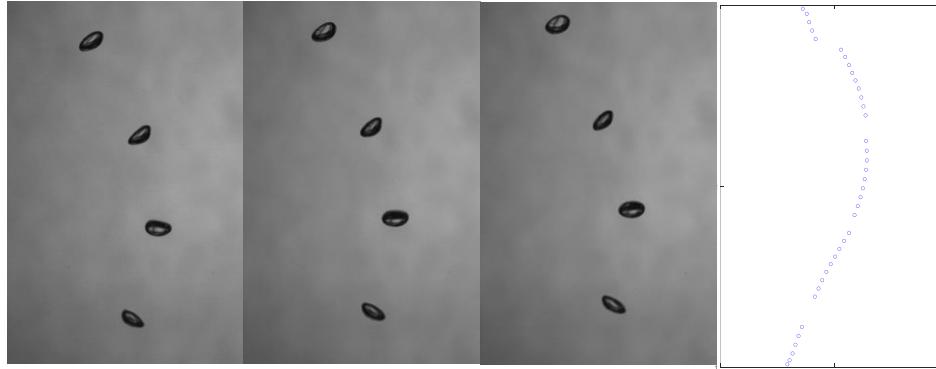
- ✓ LOCA 시 안전주입수 우회에 대한 1/10 축소 실험
- ✓ 차압 + PID 제어 → 수위 제어
- ✓ 우회율 측정: 기체 속도에 따른 주입 액체유량과 방출 액체유량의 비



향후 예정 실습

❖ Rising bubble measurement (bubble column)

- ✓ 고속카메라 영상 촬영 + 디지털 영상처리 (컴퓨터 비전?)
 - 기포 속도, 크기, 궤적 데이터 획득
- ✓ 기포율 측정 전도도 센서 제작
- ✓ PIV를 이용한 기포 주변 유동장 측정



디지털 영상처리 (digital image processing)

❖ 의미

- ✓ 컴퓨터 알고리즘을 사용하여 디지털 이미지에 대한 화상 처리를 수행하는 것
- ✓ 디지털 신호 처리의 하위분야

❖ 작업

- ✓ 분류, 특징 추출, 패턴 인식, 투영법, 다규모 신호 분석

❖ 장점

- ✓ 입력 자료에 광범위한 알고리즘을 적용 가능
- ✓ 처리 도중 발생하는 소음과 신호 왜곡과 같은 문제들을 방지

❖ 단점

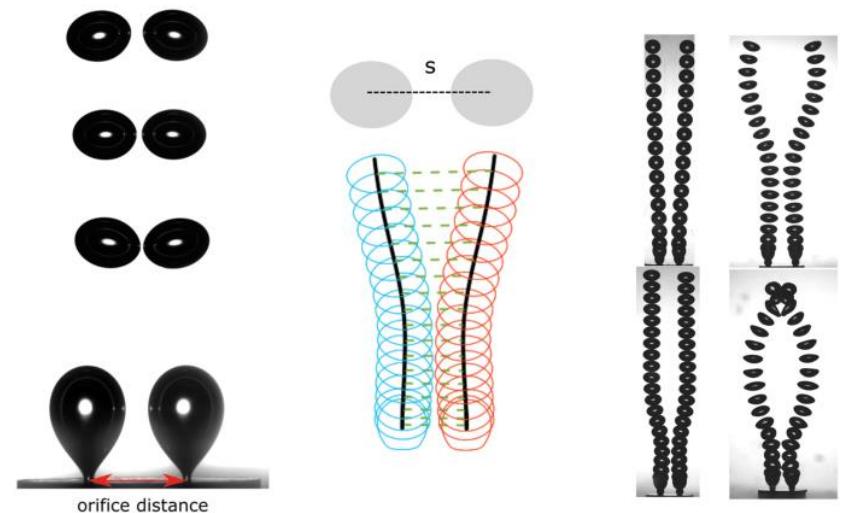
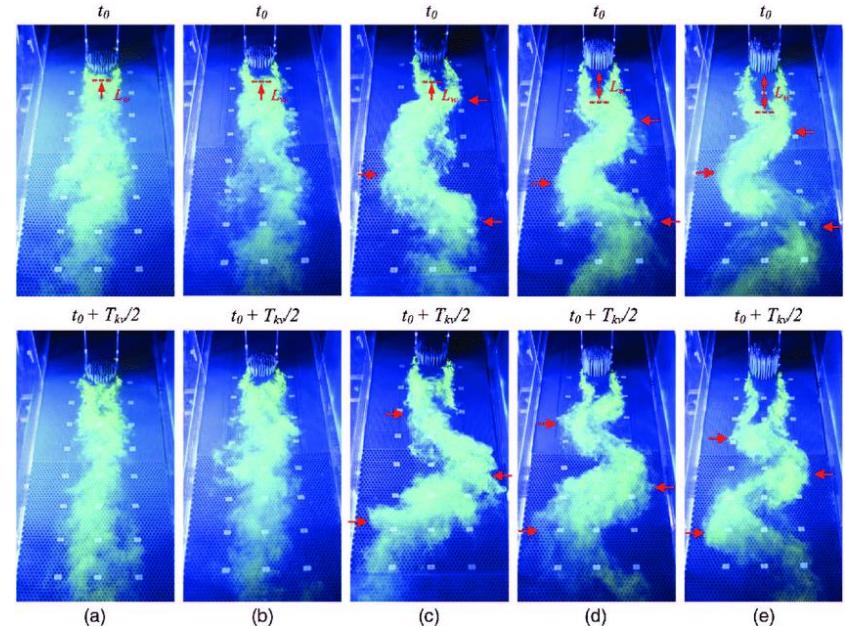
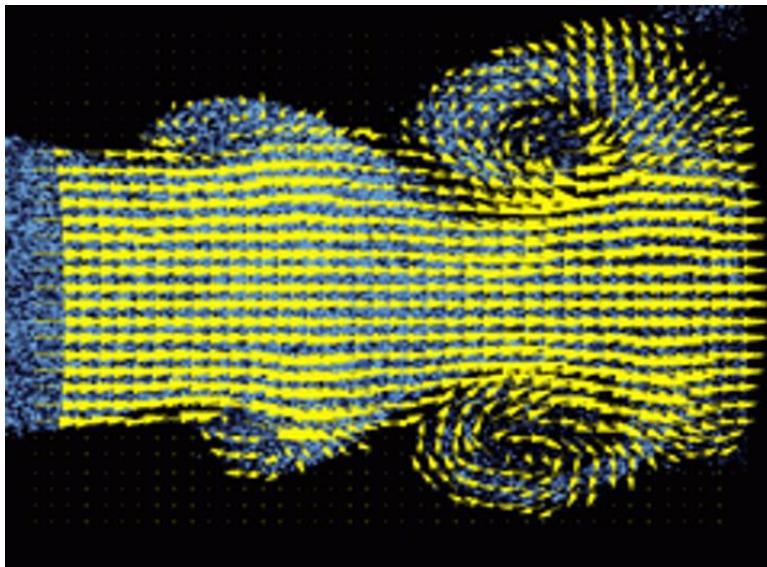
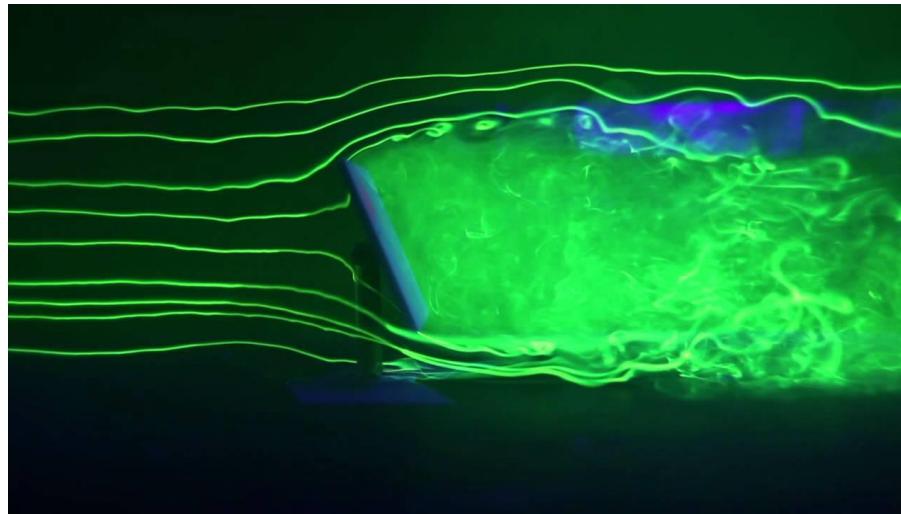
- ✓ 일반화 어려움 → 기계학습이 효율적일 수 있음

❖ 적용 분야

- ✓ 생물학, 군사적 분야, 문서처리, 공장 자동화, 의료 진단 영상 시스템, 리모트 센싱, 영상 합성 등
- ✓ 유체역학: 눈으로 보기 어려운 현상의 관측과 대용량 데이터 분석에 널리 활용
 - 유동 가시화 (flow visualization)

디지털 영상처리 (digital image processing)

❖ Flow visualization



디지털 영상처리 (digital image processing)

❖ 실습도구

- ✓ MATLAB + image processing tool box: conventional gradient method
- ✓ MATLAB + image processing tool box + machine learning toolbox: CNN

❖ Conventional gradient method

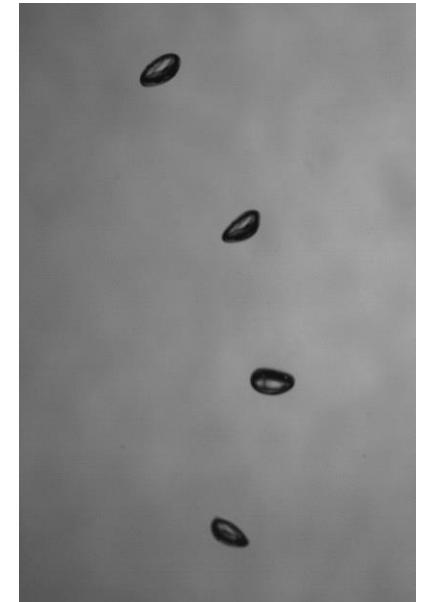
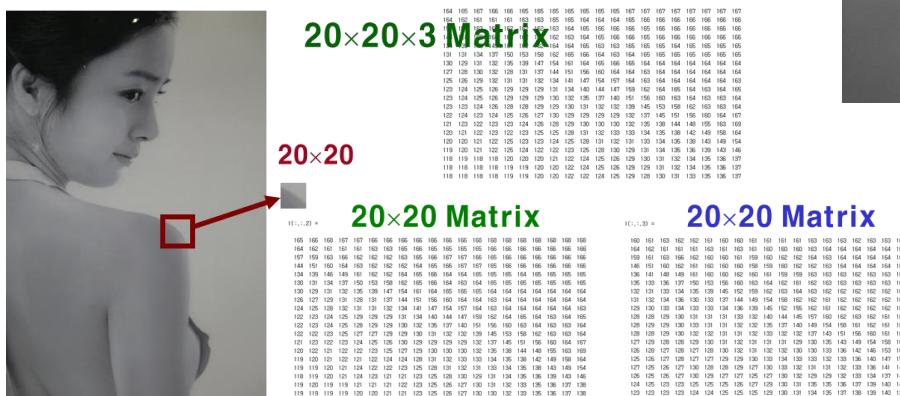
- ✓ 후방 조명 (backlighting) + shadowgraphy

❖ MATLAB Image processing toolbox

- ✓ 영상처리 위한 다양한 함수 내장

❖ 디지털 이미지

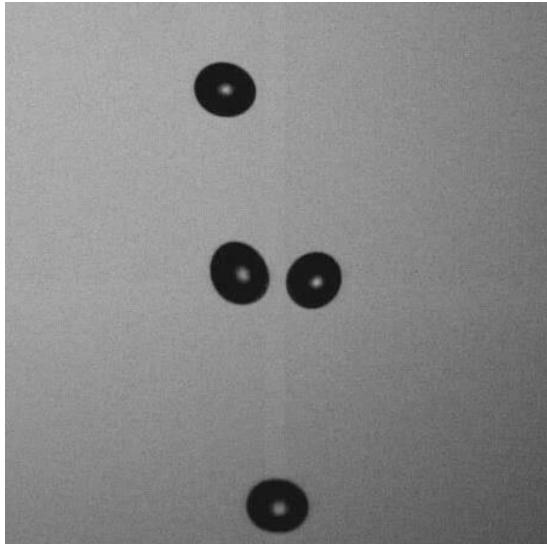
- ✓ 행렬
- ✓ 행렬 연산 통해
필요 정보 추출 가능



디지털 영상처리 (digital image processing)

❖ 예제

- ✓ Drop.jpg + drop_size.m



```
>> I=imread("Drop.jpg"); →  
>> drop_size(I)  
  
Droppixel =  
  
다음 필드를 포함한 4x1 struct 배열:  
  
EquivDiameter  
  
ans =  
  
1.1648    1.2175    1.1535    1.1214
```

Read Image : function imread
I=imread('drop.jpg');
imshow(I)

❖ Exercise

- ✓ Count the number of Droplets
- ✓ Calculate the size of each droplet

디지털 영상처리 (digital image processing)

❖ drop_size.m

```
function Dropsize=drop_size(I)
% RGB to Gray
Igray=rgb2gray(I);
% Median Filter
Imedi=medfilt2(Igray);
% Fill the holes
Ifill=imcomplement(Imedi);
Ifill=imfill(Ifill,'hole');
Ifill=imcomplement(Ifill);
% Sobel Filter
Isobel=sobelfilter_dia(Ifill);
% Binarization
Ibw=im2bw(Isobel,graythresh(Isobel));
% Fill the holes again
Ibw=imfill(Ibw,'hole');
% Correct bug
Ibw(1:2,1:2)=0;
Ibw(1:2,449:450)=0;
Ibw(449:450,1:2)=0;
Ibw(449:450,449:450)=0;
% Label
Ilabel=bwlabel(Ibw);
% Droplet number count
Ndrop=max(max(Ilabel));
% Region properties
Droppixel=regionprops(Ilabel,'EquivDiameter')
% Size calculation
for i=1:Ndrop
    Dropsize(i)=Droppixel(i).EquivDiameter/44;
end
```

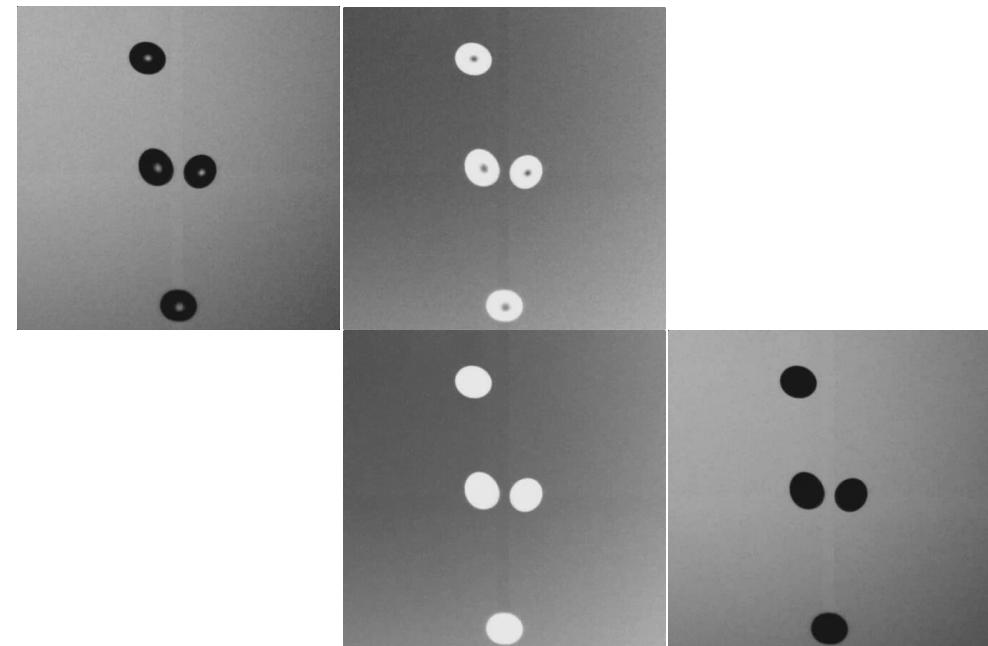
450 x 450 x 24 128.95KB 100%

24 bit = 8 bit x (R G B)

Median filter: noise 없애는 필터

Filling holes

```
function imcomplement and imfill
Ifill=imcomplement(Imedi);
Ifill=imfill(Ifill,'hole');
Ifill=imcomplement(Ifill);
```



디지털 영상처리 (digital image processing)

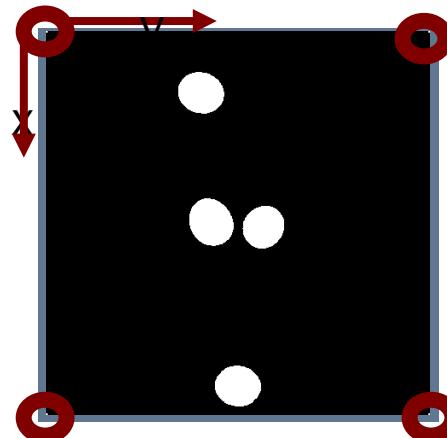
❖ drop_size.m

```
function Dropsize=drop_size(I)
% RGB to Gray
Igray=rgb2gray(I);
% Median Filter
Imedi=medfilt2(Igray);
% Fill the holes
Ifill=imcomplement(Imedi);
Ifill=imfill(Ifill,'hole');
Ifill=imcomplement(Ifill);
% Sobel Filter
Isobel=sobelfilter_dia(Ifill);
% Binarization
Ibw=im2bw(Isobel,graythresh(Isobel));
% Fill the holes again
Ibw=imfill(Ibw,'hole');
% Correct bug
Ibw(1:2,1:2)=0;
Ibw(1:2,449:450)=0;
Ibw(449:450,1:2)=0;
Ibw(449:450,449:450)=0;
% Label
Ilabel=bwlabel(Ibw);
% Droplet number count
Ndrop=max(max(Ilabel));
% Region properties
Droppixel=regionprops(Ilabel,'EquivDiameter')
% Size calculation
for i=1:Ndrop
    Dropsize(i)=Droppixel(i).EquivDiameter/44;
end
```

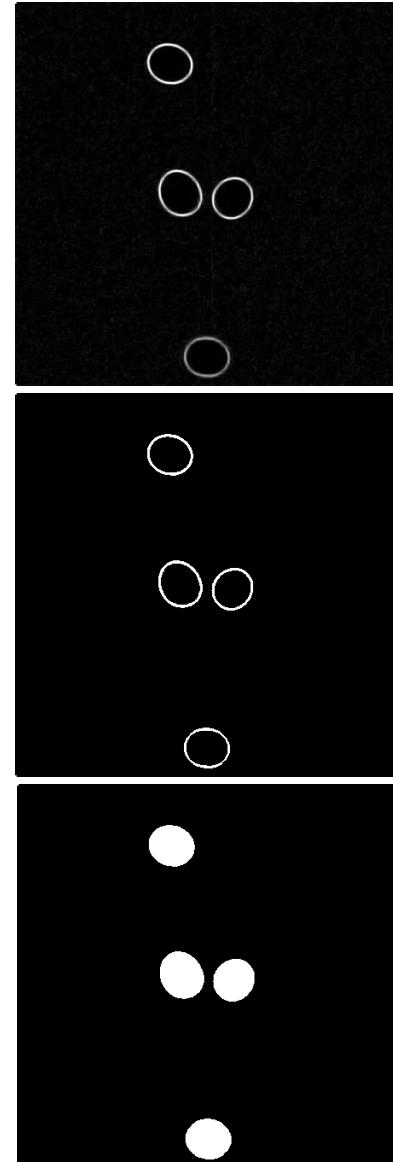
Edge detection using sobelfilter
function sobelfilter_dia
Isobel=sobelfilter_dia(Ifill);
figure, imshow(Isobel)

Binarization
function im2bw
(black or white, 0 or 1)
Ibw=im2bw(Isobel,graythresh(Isobel))

Fill the holes again !



Labelling
function bwlabel
Check 898 267



디지털 영상처리 (digital image processing)

❖ drop_size.m

```
function Dropsize=drop_size(I)
% RGB to Gray
Igray=rgb2gray(I);
% Median Filter
Imedi=medfilt2(Igray);
% Fill the holes
Ifill=imcomplement(Imedi);
Ifill=imfill(Ifill,'hole');
Ifill=imcomplement(Ifill);
% Sobel Filter
Isobel=sobelfilter_dia(Ifill);
% Binarization
Ibw=im2bw(Isobel,graythresh(Isobel));
% Fill the holes again
Ibw=imfill(Ibw,'hole');
% Correct bug
Ibw(1:2,1:2)=0;
Ibw(1:2,449:450)=0;
Ibw(449:450,1:2)=0;
Ibw(449:450,449:450)=0;
% Label
Ilabel=bwlabel(Ibw);
% Droplet number count
Ndrop=max(max(Ilabel));
% Region properties
Droppixel=regionprops(Ilabel,'EquivDiameter')
% Size calculation
for i=1:Ndrop
    Dropsize(i)=Droppixel(i).EquivDiameter/44;
end
```

Count the number of objects : function max
Ndrop=max(max(Ilabel));

Get information of each object :

```
function regionprops
Droppixel=regionprops(Ilabel,'EquivDiameter')
```

'Area'	'EquivDiameter'	'MajorAxisLength'
'BoundingBox'	'EulerNumber'	'MinorAxisLength'
'Centroid'	'Extent'	'Orientation'
'ConvexArea'	'Extrema'	'PixelIdxList'
'ConvexHull'	'FilledArea'	'PixelList'
'ConvexImage'	'FilledImage'	'Solidity'
'Eccentricity'	'Image'	

1 pixel = 1/44 mm in the image