

A. 카메라의 스펙, 렌즈공식, DoF 실험

- 목적: 본인이 가진 카메라 (일반 디지털카메라, 스마트폰)를 이용하여 수업자료 #1에서 배운 카메라 렌즈의 초점거리, 렌즈공식, DoF 등에 직접 실험을 통하여 확인
 - 본 설명자료는 누구나 실험할 수 있도록 스마트폰 기준으로 설명함
 - 여기 설명자료의 물음대로 실험하거나 계산하고 그 결과를 보고 자료로 작성하세요

A. 카메라의 스펙, 렌즈공식, DoF 실험

1. 스마트폰의 기본 spec 확인

- 소지하고 있는 스마트폰으로 사진을 촬영하면 오른쪽 그림과 같이 사진정보를 볼 수 있으니 카메라의 스펙을 확인함
- 또는 앱스토어에서 photo metadata, photo exif 으로 검색하면 사진 정보를 볼 수 있는 앱이 있으니 다운받아서 사용하기 바람 (다음 페이지 참조)

Q1. 본인 스마트폰 카메라의 스펙은?

- 초점거리 ?
- f-number ?

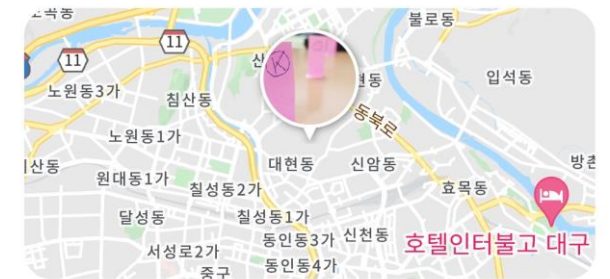
(위 스펙을 확인할 수 있도록 스마트폰에서
스크린 캡처본 첨부)

2022년 3월 18일 (금) • 오전 8:59

설명 추가...

위치


지도에서 열기




대구광역시

35.888, 128.612

세부정보

 /storage/emulated/0/DCIM/
Camera/20220318_085907.jpg
9.1MP 2268 x 4032 2.1MB

 samsung SM-G950N
f/1.7 1/60 4.20mm ISO100

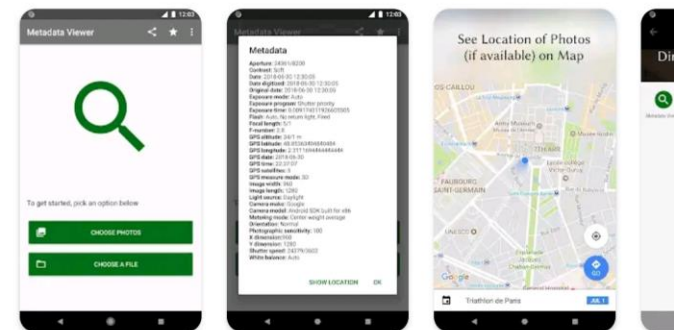
f-number

초점거리

높은평점순 프리미엄

Photo Metadata View...
Syrupy
광고 포함

3.6 ★ 리뷰 566개
10만회 이상 다운로드
만 3세 이상

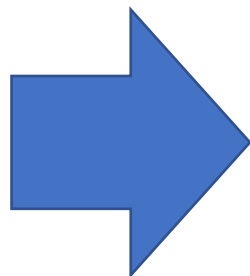


사진의 기록 된 Exif 메타 데이터 (카메라 / 휴대 전화 모델, 위치 등)를 봅니다.

Photo exif editor
Banana Studio
광고 포함 • 인앱 구매

4.4 ★ 리뷰 9천개
100만회 이상 다운로드
만 3세 이상

다운로드 후
사진 정보 확인



조리개 (F-정지)

f/1.7

노출 시간

1/250 (0.00400000 s)

노출 보정

0.0 EV

플래시

플래시 비

초점 거리

4.2 mm

ISO 감도

ISO 125

화이트 밸런스

AWB 매뉴얼

사용자 내용

XP Title

알 수 없는

XP Comment

비고 라이브
Google Play

설치하기

Metadata

Aperture: 153/100
Brightness: 241/100
Contrast: Normal
Date: 2022-03-18 08:59:07
Date digitized: 2022-03-18 08:59:07
Original date: 2022-03-18 08:59:07
Digital zoom: 0.0
Exposure bias: 0/10
Exposure mode: Auto
Exposure program: Normal
Exposure time: 0.016666666666666666 sec.
Focal length: 420/100
35mm focal length: 26
F-number: 1.7
GPS altitude: 94/1 m
GPS latitude: 35.8875
GPS longitude: 128.61249999999998
GPS date: 2022-03-17
GPS time: 23:58:24
GPS version:
Image width: 4032
Image length: 2268
Image unique ID: F12LLJA00SM
F12LLKL01GM?
Camera make: samsung
Camera model: SM-G950N
Camera maker note: ?
Lens max aperture: 153/100
Metering mode: Spot

OK

SHOW LOCATION

A. 카메라의 스펙, 렌즈공식, DoF 실험

2. 본인의 카메라 (스마트폰, 디지털카메라)의 CCD 스펙 조사

Q2: 본인 스마트폰에 사용된 카메라의 스펙을 인터넷 등을 이용하여 조사하여 다음의 spec을 보고서에 작성한다.

- 1) CCD 제작 회사
- 2) CCD 의 대각선 크기
- 3) CCD의 해상도 (픽셀 수)
- 4) CCD 한 개 픽셀의 크기

ex) 삼성 S8 후면 카메라는
Sony IMX333 으로
wikipedia에서 다음과 같이 확인가능

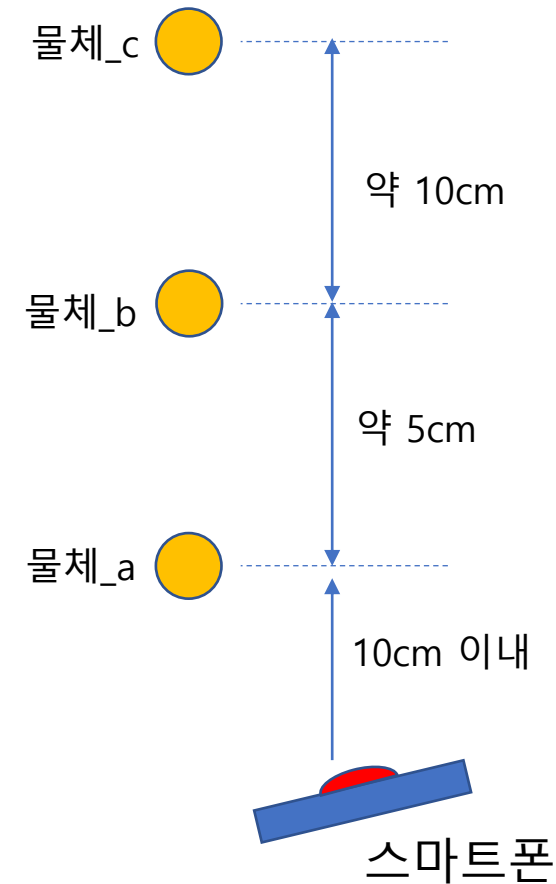
Model number	Number of effective pixels	Sensor size (diagonal)	Unit cell size
IMX333	4032 x 3024 12.2 Mp	7.06 mm (1/2.55")	1.40 μ m

A. 카메라의 스펙, 렌즈공식, DoF 실험

- 스마트폰 전방에 작은 크기의 물체 a,b,c 를 두고 오른쪽 그림과 같이 사진을 촬영한다.
 - 1) a물체에 초점을 맞추고 (자동 또는 수동) 영상 획득
 - 2) b물체에 초점을 맞추고 (자동 또는 수동) 영상 획득
 - 3) c물체에 초점을 맞추고 (자동 또는 수동) 영상 획득

중요: 물체의 DoF (depth of field)는 **초점거리, 조리개값**에 따라 달라지지만, 또한 동일한 조건에서 피사체의 거리에 따라서도 달라짐 (수업에서 다루지 않았지만 광학적 이론은 유사)

- 피사체의 거리가 가까우면, DoF 얇음
- 피사체의 거리가 멀면, DoF 깊음



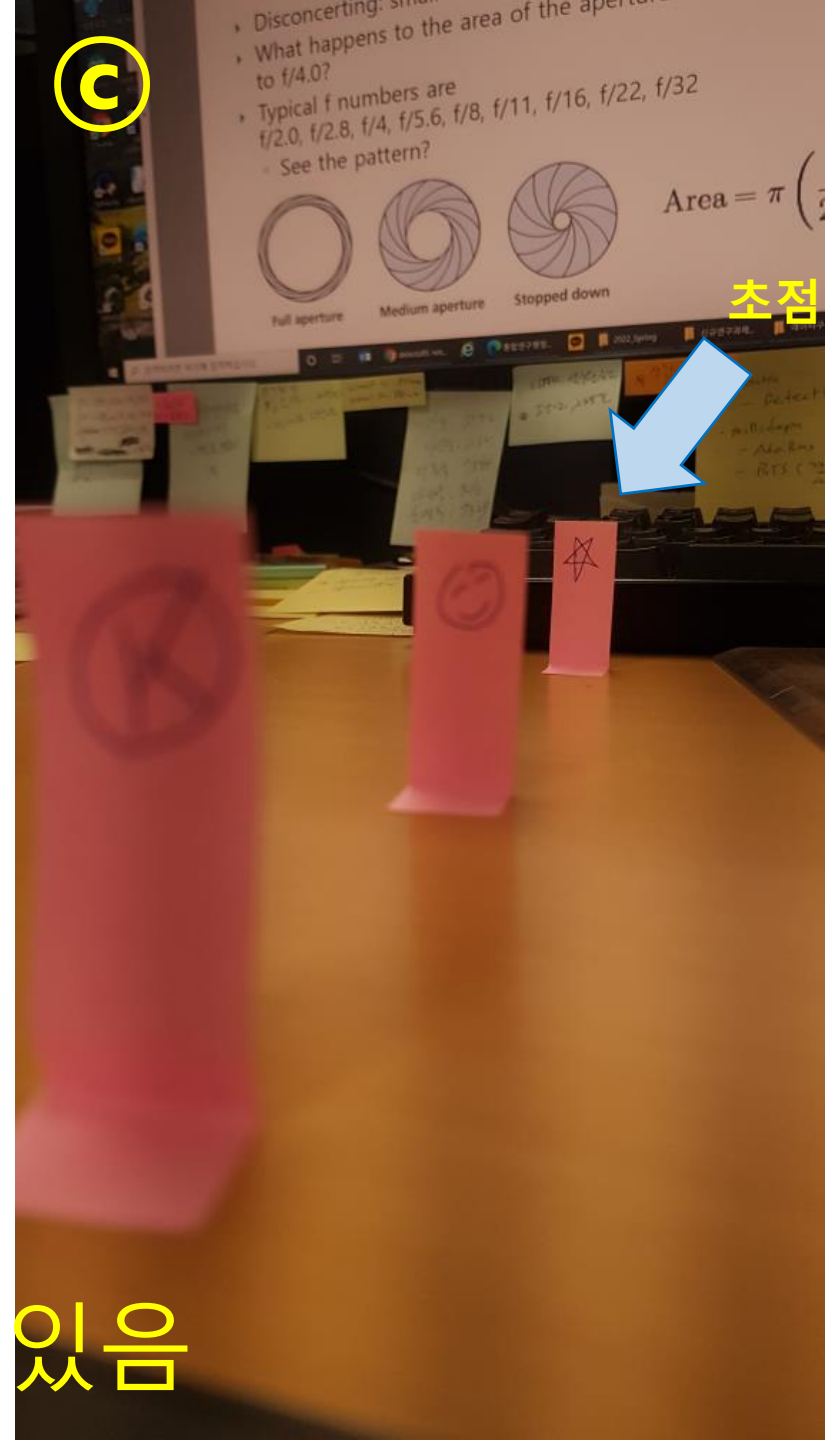
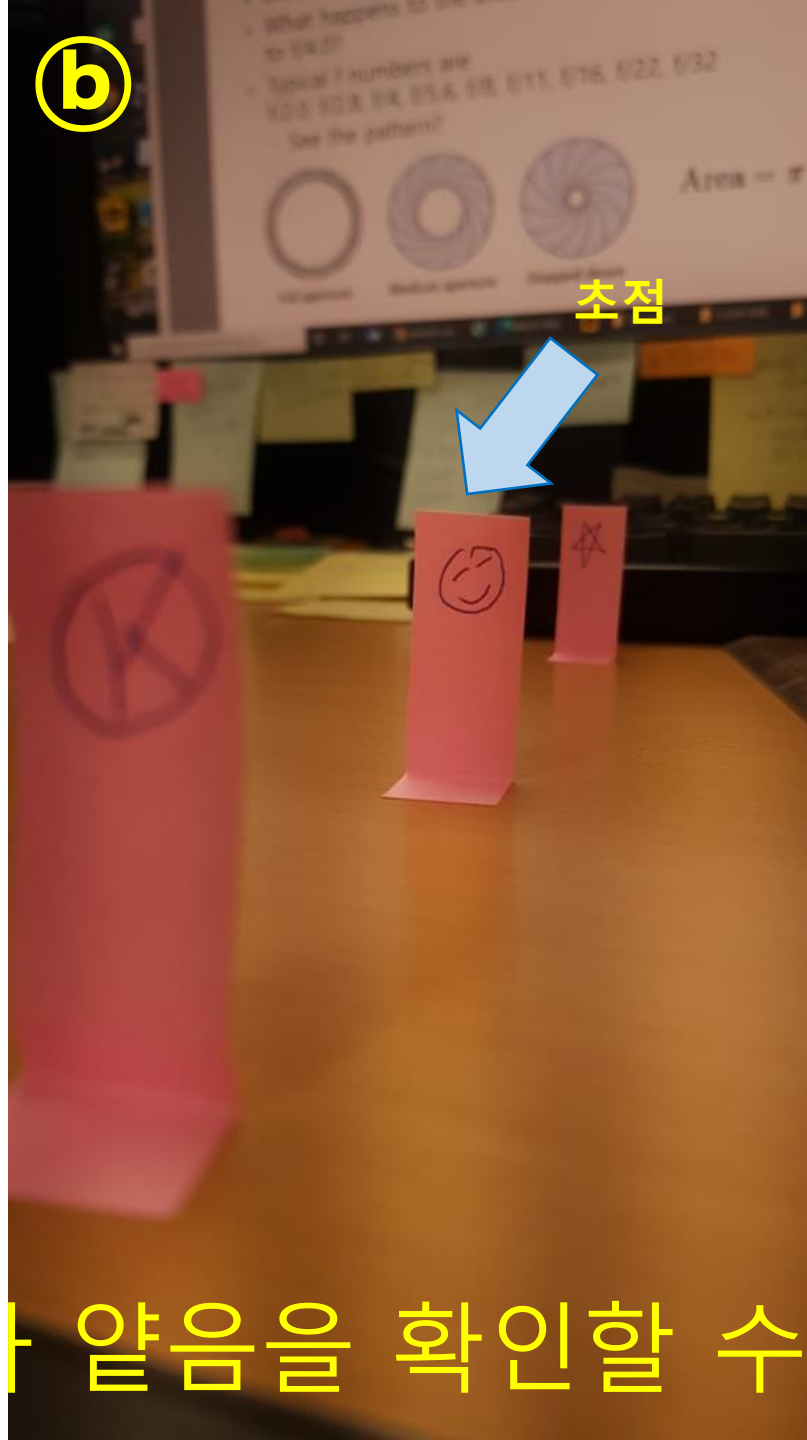
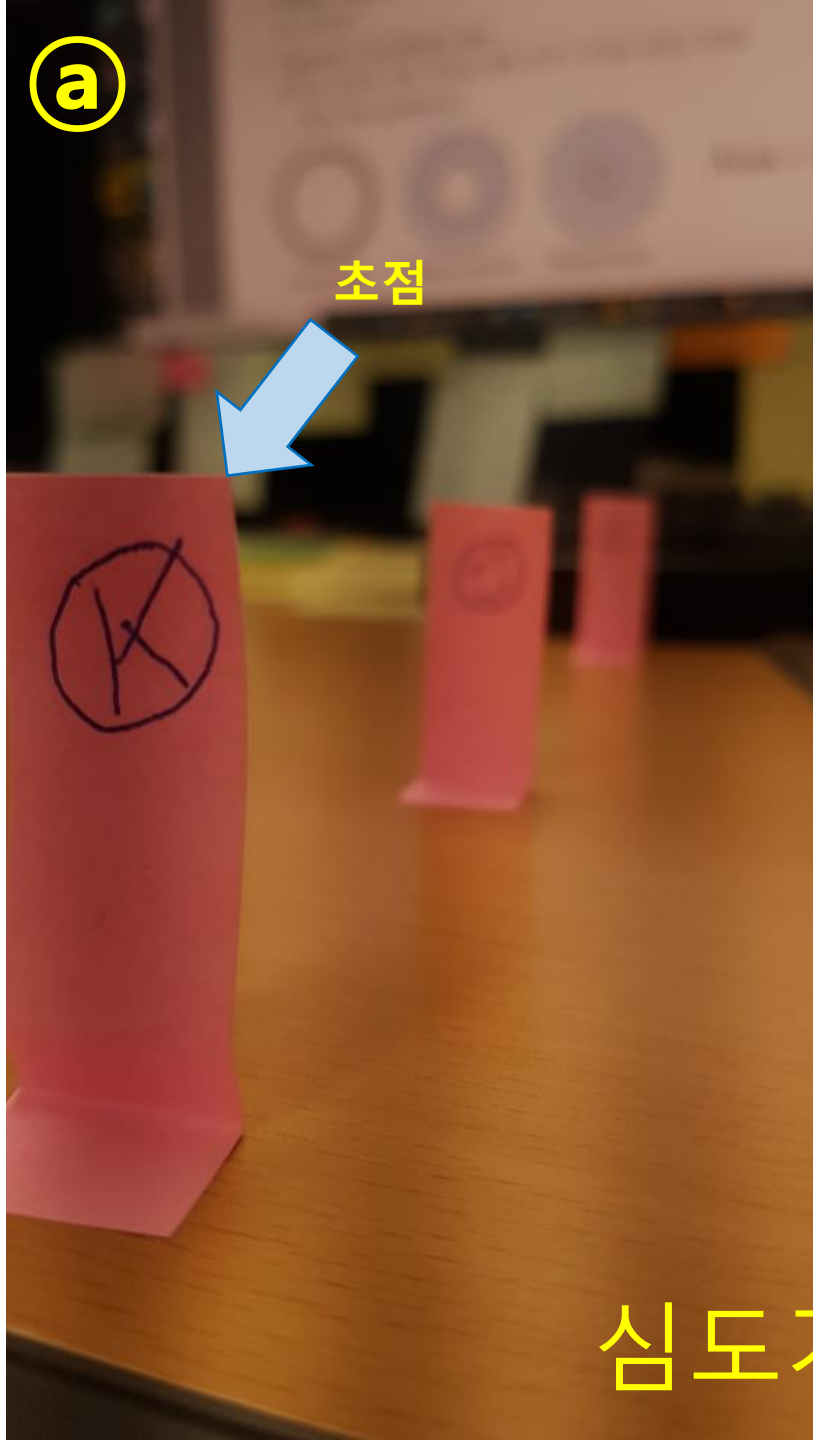
A. 카메라의 스펙, 렌즈공식, DoF 실험

3. 거리가 가까운 피사체와 거리가 먼 피사체의 DoF 비교

- 앞의 설명대로 사진을 촬영 후 3장의 사진에서 물체(피사체)의 초점을 확인하여 DoF 가 매우 얇음(좁음)을 알 수 있다.
- 즉 a 물체에 초점을 맞추면 b,c 물체의 초점이 흐려진 것을 볼 수 있다.
- b 물체에 초점을 맞추면 a,c 물체의 초점이 흐려진 것을 볼 수 있다.
- c 물체에 초점을 맞추면 a,b 물체의 초점이 흐려진 것을 볼 수 있다.

(다음 페이지 example 확인)

Q3. 근거리 물체 a,b,c 각각에 초점을 맞추어 촬영한 사진을 보고서에 첨부



A. 카메라의 스펙, 렌즈공식, DoF 실험

3.1 원거리가 물체들에 대해서도 동일하게 사진을 촬영

- 거리가 먼 물체들은 (2m 이상) 카메라와 물체의 거리에 비하여 a, b, c 물체들 사이의 거리가 짧으면 초점의 차이를 거의 알 수 없음
- 즉 a 물체에 초점을 맞추어도 b, c 물체의 초점도 거의 맞음
- b 물체에 초점을 맞추어도 a, c 물체의 초점도 거의 맞음
- c 물체에 초점을 맞추어도 a, b 물체의 초점도 거의 맞음

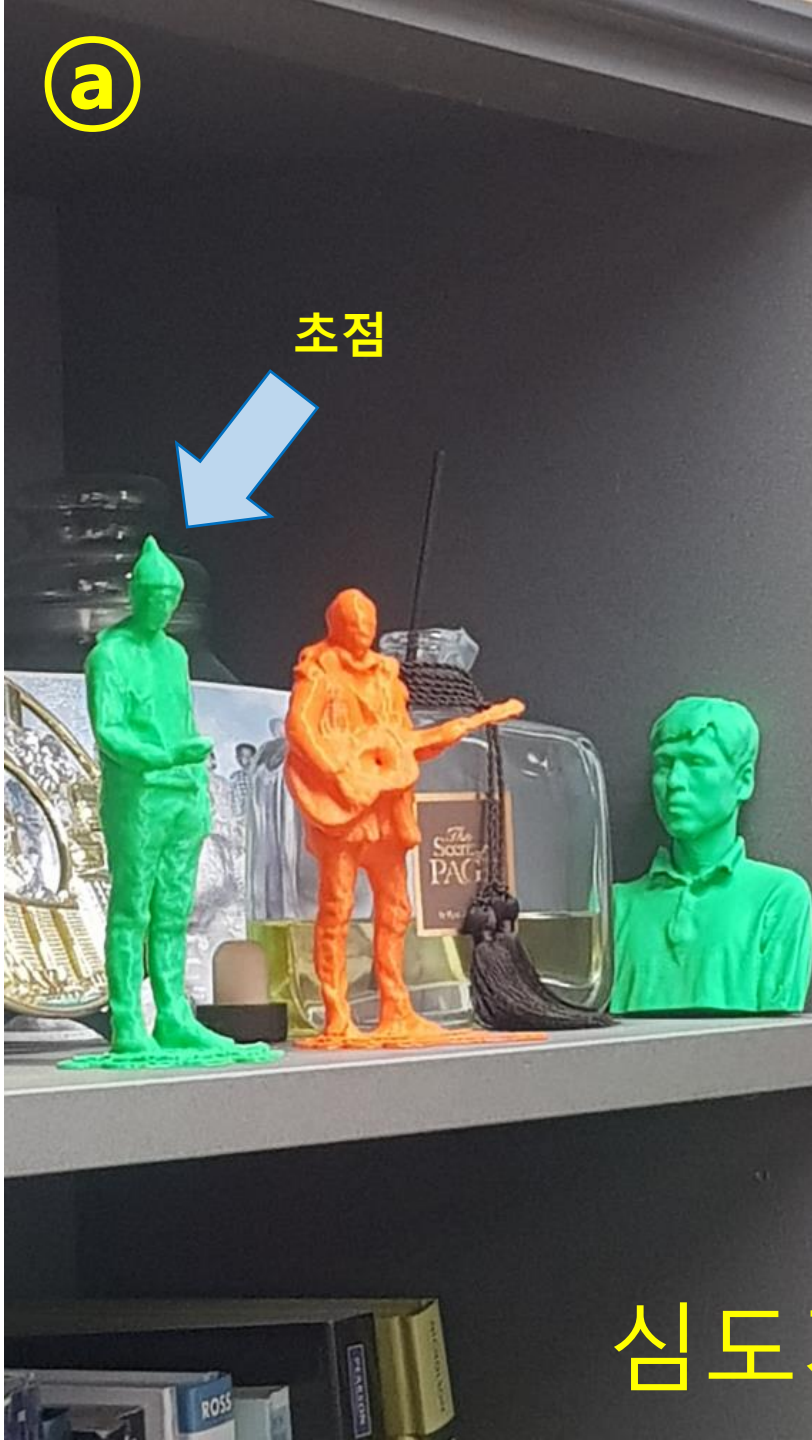
(다음 페이지 example 확인)

Q4. 원거리 물체 a, b, c 각각에 초점을 맞추어 촬영한 사진을 보고서에 첨부

- 카메라에 원거리 물체의 크기가 작기 때문에, 스마트폰에서 디지털 확대하여 촬영해야 함 (여기서 디지털확대는 실제 focal length와 관련이 없어서 DoF 변화와 무관함)

㉠

초점



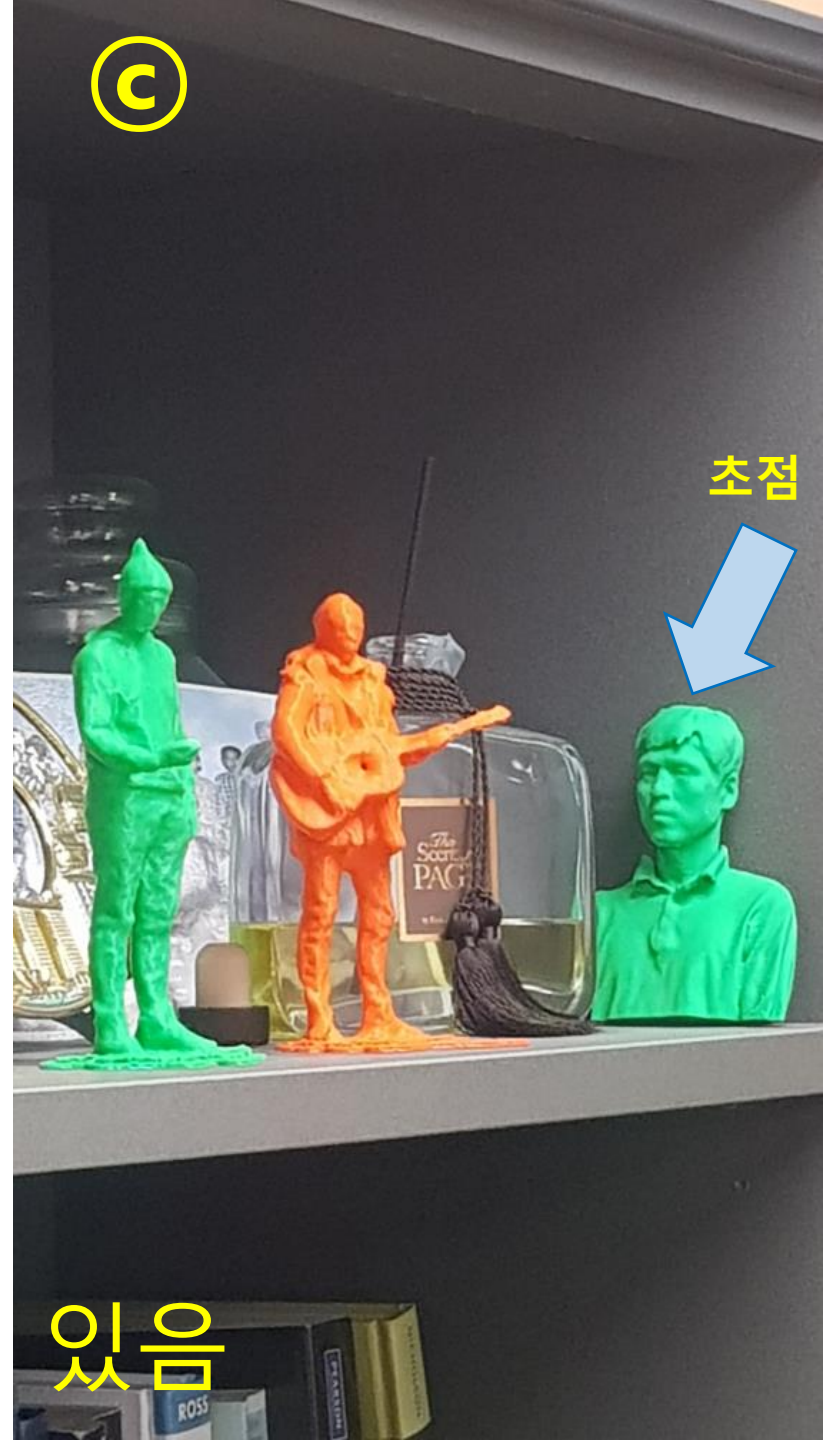
㉡

초점



㉢

초점



심도가 깊음을 확인할 수 있음

A. 카메라의 스펙, 렌즈공식, DoF 실험

4. 렌즈공식을 이용하여 카메라 렌즈와 CCD 사이의 거리를 측정해보자

- focal length (f)와 물체거리 (D)를 알면 렌즈공식으로 렌즈와 CCD사이의 거리 (D')를 추정할 수 있다.

[위의 실험에 대한 example]

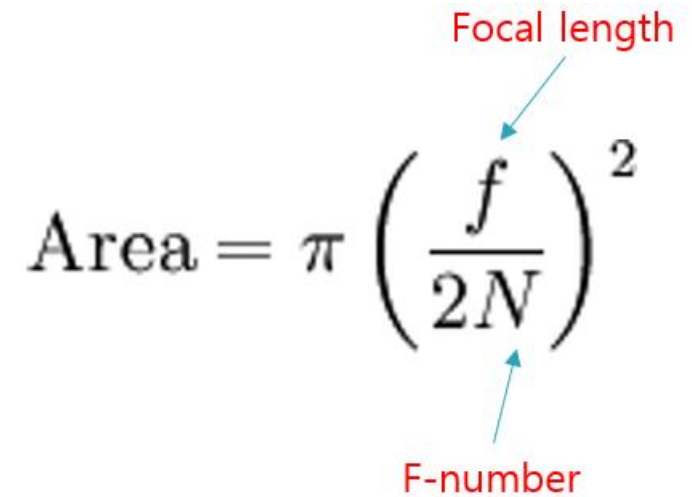
- 삼성 갤럭시 S8 후면 카메라의 focal length: 4.2 mm
- a 물체의 거리를 100mm라 가정
- 렌즈공식에 의해 $D' = 4.37$ mm
- 이와 같이 실제 스마트폰 카메라 내부에서는 모터에 의해 렌즈와 CCD의 거리가 focal length 보다 더 떨어진 것을 알 수 있다.

Q5. 본인이 사용한 카메라의 D' 을 물체거리 a, b, c 에 대하여 구하시오. 물체의 거리가 멀어질수록 D' 는 focal length에 근접함을 보이시오.

A. 카메라의 스펙, 렌즈공식, DoF 실험

5. 스마트폰 렌즈의 구경 (직경) 측정

- 강의자료에 있듯이 카메라 구경은 focal length와 f-number로 구할 수 있다.
- 스마트폰의 경우 줌렌즈가 아닌 경우 focal length는 고정되어 있고, 조리개가 없기 때문에 f-number도 고정되어 있음
(ex. 갤럭시 S8: focal length: 4.2mm f-num: 1.7)
- 갤럭시 S8의 후면 카메라의 경우 렌즈의 직경은 $2 * f / (2 * f\text{-number}) = 2.47 \text{ mm}$ 이다

$$\text{Area} = \pi \left(\frac{f}{2N} \right)^2$$


The diagram shows the formula $\text{Area} = \pi \left(\frac{f}{2N} \right)^2$. A red arrow points from the label 'Focal length' to the variable 'f' in the numerator. Another red arrow points from the label 'F-number' to the variable 'N' in the denominator.

Q6: 본인이 사용한 카메라 렌즈의 직경은 얼마인가?

A. 카메라의 스펙, 렌즈공식, DoF 실험

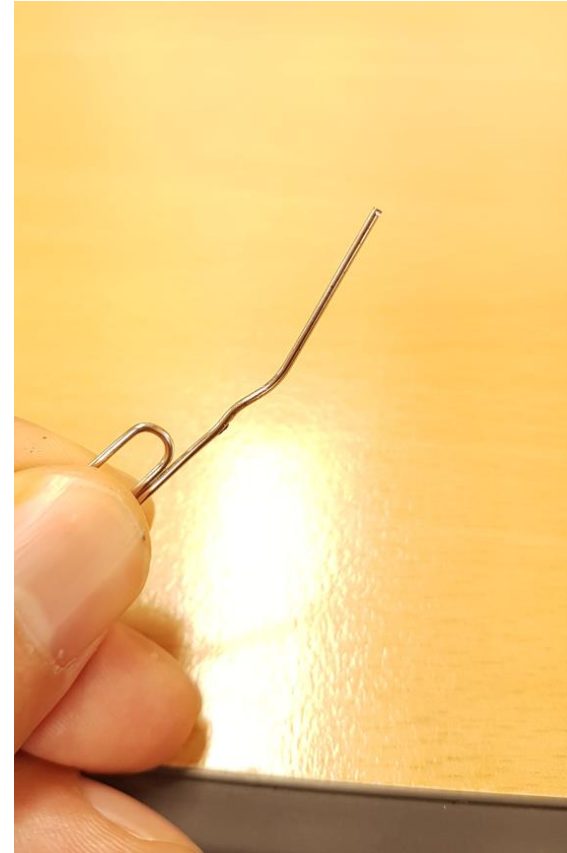
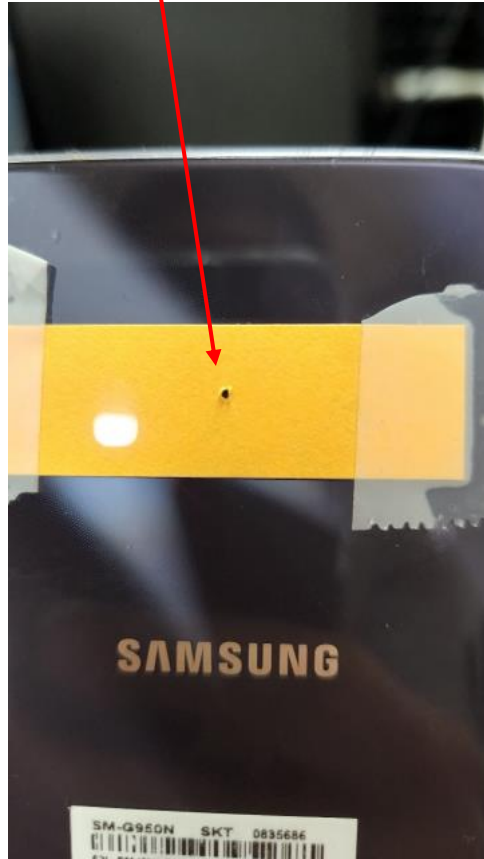
6. 스마트폰은 조리개가 없으므로 조리개를 만들어서 DoF의 변화를 실험해보자.

- 조리개의 변화로 DoF를 바꿀 수 있는데 스마트폰은 조리개가 없으므로 종이에 홀(hole)을 만들어 실험해볼 수 있다.
- 조리개를 이용하여 렌즈의 구경을 더 확장하는 것은 불가능하므로 종이에 렌즈보다 더 작은 구멍을 뚫어서 실험한다.
- 갤럭시 S8 후면카메라의 직경은 약 2.47mm이므로 약 1mm 정도로 실험해보았다.
- 다음 그림과 같이 클립 끝부분을 이용하여 종이에 구멍을 뚫고 렌즈의 중심과 홀의 중심을 잘 맞추는 다음 테이프로 고정한다.

렌즈구경: 약 2.47 mm



렌즈구경: 약 1.0 mm



A. 카메라의 스펙, 렌즈공식, DoF 실험

- 새로운 조리개로 동일한 근거리 물체 a,b,c 에 각각 초점을 맞추고 사진을 획득한다.
- 원렌즈로 촬영한 사진과 비교하면 물체의 초점의 차이가 다를 수 있다.
- 물체 a에 초점을 맞추면 b,c는 흐려지기는 하나 원래 렌즈로 촬영한 사진보다는 초점이 더 맞음. 즉 DoF가 깊어짐
(다음 페이지 사진 참조)

Q7: 본인 스마트폰의 렌즈구경보다 작은 조리개를 종이로 만들어서 렌즈에 부착하고 근거리 물체 a,b,c에 각각 초점을 맞춘 후 3장의 영상을 촬영한다. 그리고 원래 렌즈의 영상과 비교한다.

* 참고: 종이 조리개를 1mm 이하로 아주 작게 만들어야 DoF의 차이를 눈으로 확인할 수 있음. 원래 렌즈의 크기와 조리개의 차이가 크지 않으면 영상에서 DoF의 차이도 크지 않음

㉠

초점

심도가 깊어짐을
알 수 있음

㉡

초점

㉢

초점

B. 카메라의 초점거리 (f 와 D')

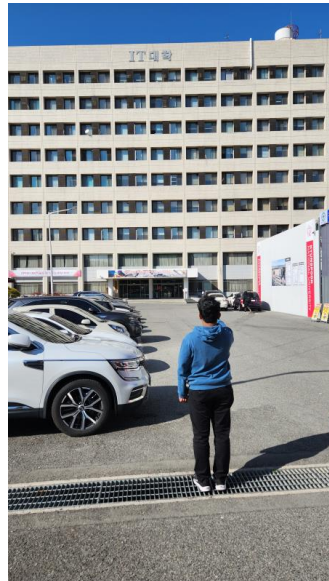
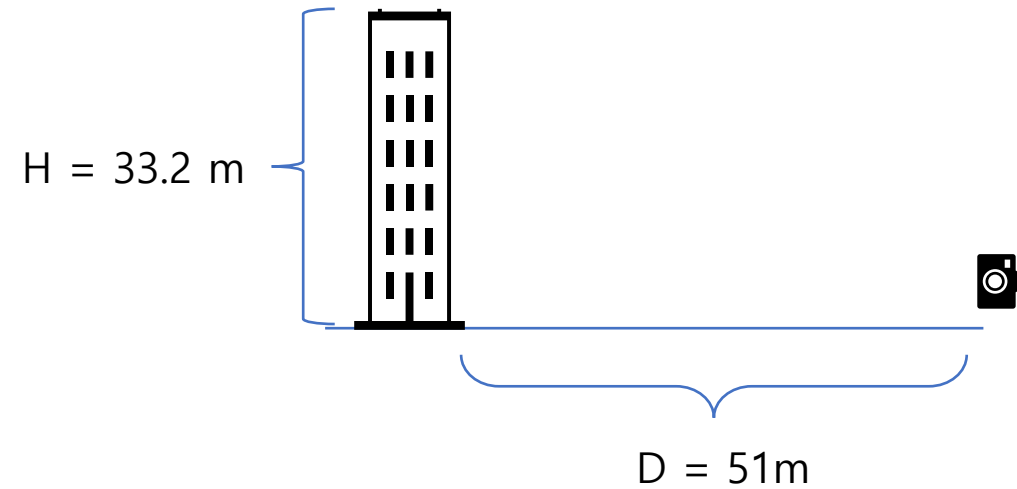
- 목적: **내 카메라의 실제 초점거리를 구해보자.**
 - 실제 사용하는 카메라의 렌즈는 핀홀이 아니기 때문에 스펙상의 초점거리와 카메라를 핀홀로 모델링하여 계산한 초점거리를 다르다.
 - 카메라의 스펙상의 초점거리와의 차이 조사
 - 피사체의 거리에 따라 초점거리가 달라짐을 조사
- 실험
 - 1) 매우 먼 거리의 물체 촬영하기
 - > 카메라의 실제 초점거리 (f_1) 구하기
 - 2) 매우 가까운 거리의 물체 촬영하기
 - > 카메라의 실제 초점거리 (f_2) 구하기
 - 3) f_1 과 f_2 중에서 어느 것이 큰가? Why?

B. 카메라의 초점거리 (f 와 D')

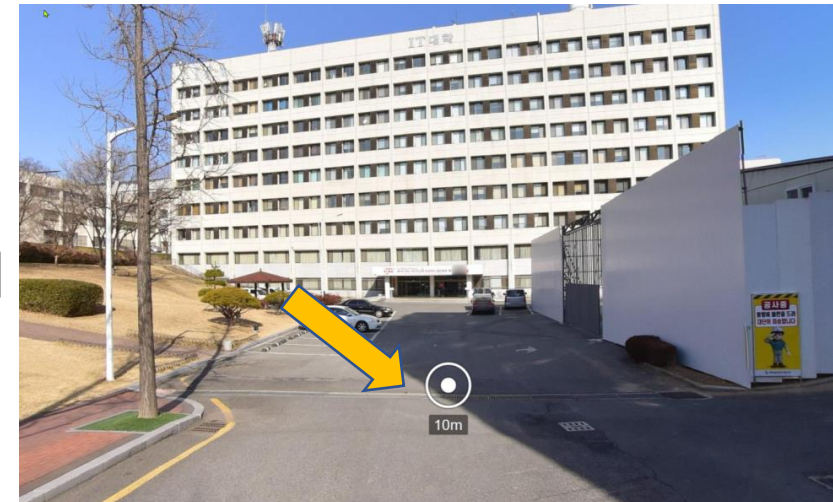
- 실험 1) 높이를 알고 있는 건물 촬영하기 (IT-1호관)

- IT-1호관 정면을 바라보고 영상 획득
- 영상 촬영위치는 오른쪽 그림 참고
- 건물 정면에서 약 51m 떨어진 위치
- 스마트폰 또는 카메라를 수직 방향으로 세워서, 가능하면 CCD 평면이 건물의 평면과 평행하도록 촬영
- IT-1빌딩의 높이가 보이도록 촬영 (세로 방향 추천)

IT 1 Building



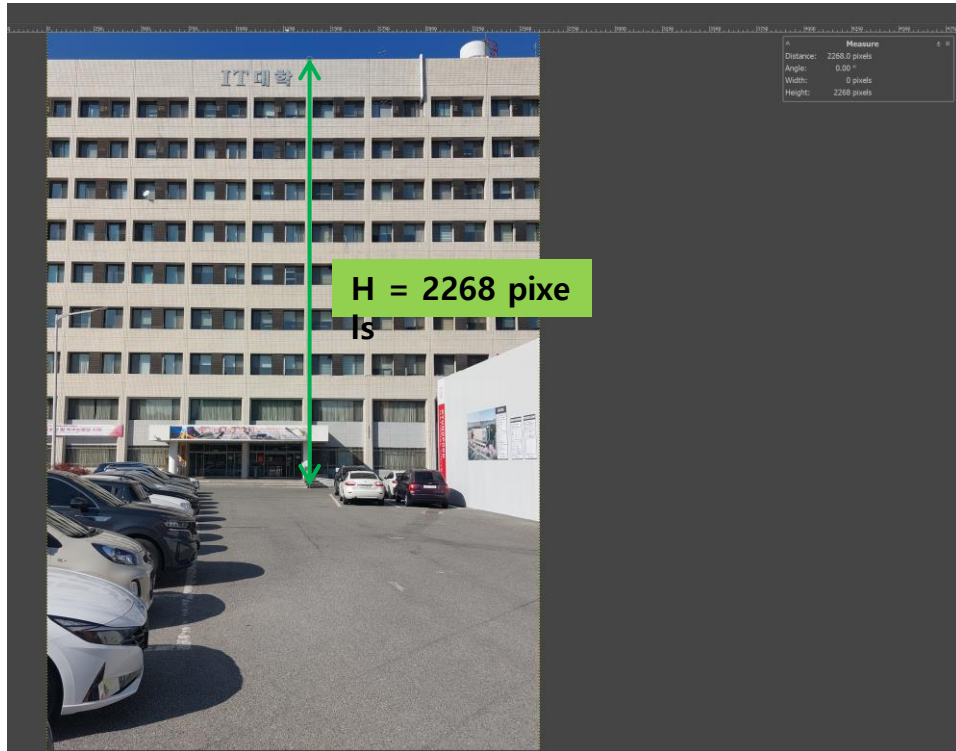
배수구 위



B. 카메라의 초점거리 (f와 D')

- 실험 1) 높이를 알고 있는 건물 촬영하기 (IT-1호관)

- 카메라로 획득한 영상을 image viewer로 열어서 건물의 하단부와 상단부 사이의 거리 측정 (pixel 단위)
- image viewer는 Irfanview 등 무료 SW 사용
- 핀홀 모델의 삼각형 비례관계를 이용하여 초점거리를 계산



$$H : D = h : f_1$$

h: 영상에서 건물높이

$$\frac{D}{H} \times h = f_1$$

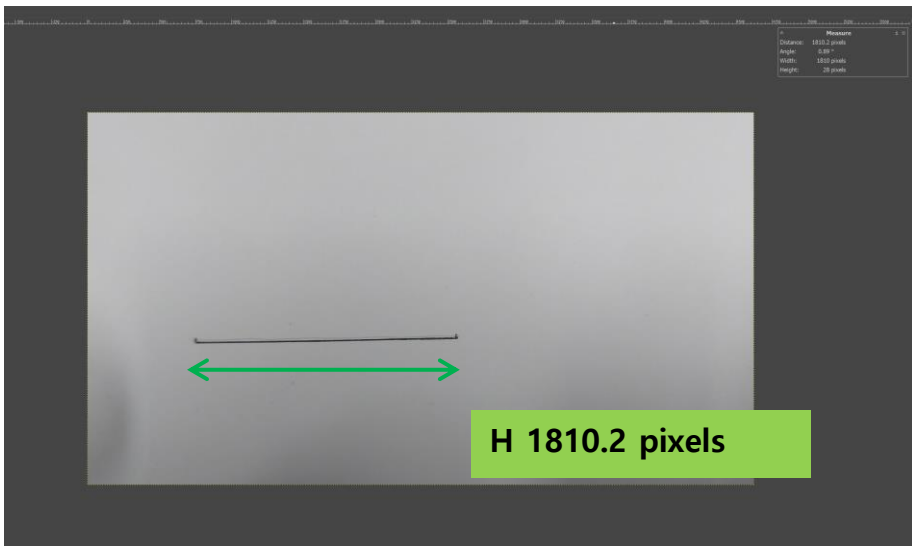
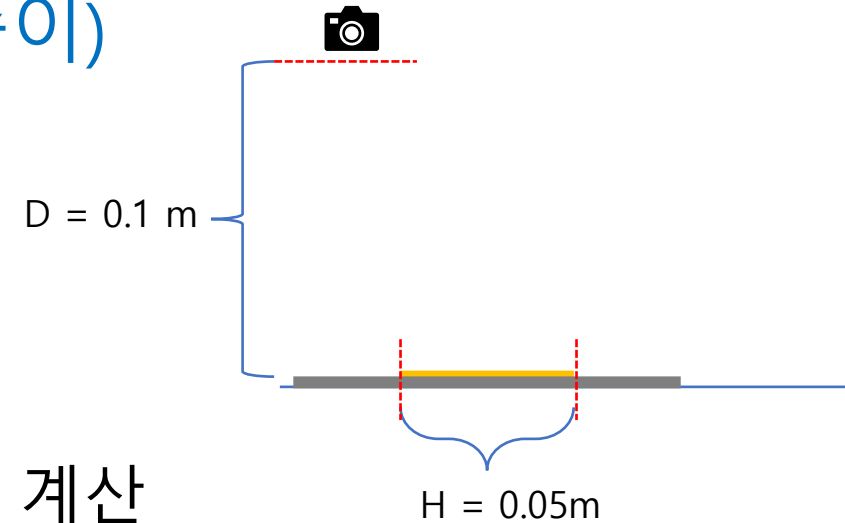
$$f_1 = \frac{51 \text{ m}}{35.6 \text{ m}} \times 2268 \text{ pixels}$$

$$f_1 = 3,249.10 \text{ pixels}$$

B. 카메라의 초점거리 (f와 D')

• 실험 2) 길이를 알고 있는 선분 촬영하기 (A4 종이)

- 동일한 카메라로 (실험1의 동일 카메라, 동일 zoom 사용해야함) A4위의 선분을 촬영
- A4 종이위에 정해진 길이로 선분을 그림
- 특정 높이에서 수직 아래 방향으로 영상을 촬영
- 하고 동일한 방법으로 영상에서 선분의 길이를 측정
- 핀홀 모델의 삼각형 비례관계를 이용하여 초점거리를 계산



$$H : D = h : f_2$$

$$\frac{D}{H} \times h = f_2$$

$$f_2 = \frac{0.1 \text{ m}}{0.05 \text{ m}} \times 1810.2 \text{ pixels}$$

$$f_2 = 3620.4 \text{ pixels}$$

B. 카메라의 초점거리 (f와 D')

- 초점거리의 비교 및 변환 (mm)

- Q8. 본인의 카메라를 이용하여 실험1, 실험2를 수행하고 초점거리 f_1 , f_2 를 계산해보시오.
- 가까운 거리의 물체에 초점(focus)를 맞추는 경우 핀홀 모델로 계산한 초점거리 (thin 렌즈공식에서는 D')가 더 큼

$$f_1 = 3,249.10 \text{ pixels} \quad f_2 = 3620.4 \text{ pixels} \quad (\text{실험 예시})$$

- Q9. 본인 카메라의 초점거리를 (mm)로 변환하고 camera spec과 비교
- pixel -> mm로 변환하기 위해서는 카메라 spec에서 mm/pixel 값이 필요

Samsung Galaxy A52s

	Internal	128GB 4GB RAM, 128GB 6GB RAM, 128GB 8GB RAM, 256GB 6GB RAM, 256GB 8GB RAM
MAIN CAMERA	Quad	64 MP, f/1.8, 26mm (wide), 1/1.7", 0.8μm, PDAF, OIS
		12 MP, f/2.2, 123° (ultrawide), 1.12μm
		5 MP, f/2.4, (macro)
		5 MP, f/2.4, (depth)
	Features	LED flash, panorama, HDR
	Video	4K@30fps, 1080p@30/60fps; gyro-EIS
SELFIE CAMERA	Single	32 MP, f/2.2, 26mm (wide), 1/2.8", 0.8μm
	Features	HDR

B. 카메라의 초점거리 (f와 D')

• 초점거리의 비교 및 변환 (mm)

- 카메라 spec에서는 한 픽셀의 크기가 $0.8\mu\text{m}$ 로 되어 있음
- 이는 영상이 Full 해상도일때의 기준임
- 예시로 보여주는 실험에서 사용한 Galaxy A52s의 full resolution일때 x-축 해상도는 9248 pixel 임.
- 실험에 사용한 영상의 x-축 해상도는 4624 pixel로 정확히 $\frac{1}{2}$ 임.
- X-축 해상도만 고려하면 됨. Y-축은 영상 aspect ratio에 따라 달라지기 때문에 정확치 않음
- 따라서 한 개 픽셀의 유효 크기는 0.8의 두배가 되어 $1.6\mu\text{m}$ 임
- focal length 를 mm로 변환하면

$$\begin{aligned} f_1 &= 3,249.10 \text{ pixels} \\ &= 3,249.10 \times 1.6 \times 10^{-3} \text{ mm} \\ &= 5.198 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= 3620.4 \text{ pixels} \\ &= 3620.4 \times 1.6 \times 10^{-3} \text{ mm} \\ &= 5.79264 \text{ mm} \end{aligned}$$

영상의 Exif information

Camera	
Camera maker	samsung
Camera model	SM-A528B
F-stop	f/1.8
Exposure time	1/60 sec.
ISO speed	ISO-80
Exposure bias	0 step
Focal length	5 mm
Max aperture	1.69