

자율주행 자동차 교재

자동차 스튜디오 창 하나에서 탭을 옮겨 가며 직접 조종, 초음파 자율주행, 카메라 차선 자율주행, 모방학습까지 차례대로 따라 합니다. [다른 교재 보기](#)

목차

1. [이 교재로 하는 일](#) · 읽는 순서와 걸리는 시간
2. [자동차 알아보기](#) · 부품 · 회로 · 명령 두 가지
3. [시작하기](#) · 15분
4. [안전 수칙](#)
5. ① [조종 체험](#) · 40분
6. ② [초음파 자율주행](#) · 40분
7. ③ [차선 자율주행](#) · 80분
8. ④ [모방학습](#) · 80분
9. ⑤ [심화 활동](#) · 활동마다 20~40분
10. ⑥ [설정](#) · 20분, 처음 조립했을 때는 먼저
11. [안 될 때](#)
12. [부록 A. AI에게 물어보기](#)
13. [부록 B. 더 보고 싶을 때](#)

이 교재로 하는 일

이 교재는 **자동차 스튜디오**를 보면서 그대로 따라 하는 실습서입니다. 프로그램을 하나씩 찾아 실행하지 않고, **창 하나에서 탭을 옮겨 가며** 모든 활동을 합니다. 탭 순서가 곧 수업 순서입니다.

순서	단원	무엇을 하나	시간
1	시작하기	핫스팟을 켜고 자동차를 연결한다. 화면의 각 부분을 익힌다	15분
2	① 조종 체험	키보드 · 손 · 몸 · 조이스틱으로 직접 운전한다	40분

3	㉔ 초음파 자율주행	거리 센서 하나로 회피 · 순찰 · 따라가기	40분
4	㉕ 차선 자율주행	카메라로 차선을 보고 스스로 달린다. 값을 바꿔 가며 다듬는다	80분
5	㉖ 모방학습	내 운전을 보여 주어 AI를 가르치고, AI가 대신 운전한다	80분
6	㉗ 심화 활동	사람 보면 정지, 신호등, 주차, 미로 같은 확장 활동	선택
언제든	㉘ 설정 · 안 될 때	바퀴를 똑바로 맞추고 점검한다 · 막혔을 때 찾아본다	20분

처음이라 막막하면

[시작하기](#)만 끝내면 나머지는 탭을 눌러 가며 순서대로 하면 됩니다. 한 단원에서 막히면 그 단원 맨 아래 「안 될 때」 표를 먼저 보세요.

단원마다 같은 순서로 되어 있습니다

1. 무엇을 하나 — 이 단원의 목표와 화면
2. 따라 하기 — (가) (나) (다) 차례대로
3. 관찰하고 생각하기 — 실험한 뒤 스스로 답해 볼 질문
4. 더 해 보기 — 빨리 끝난 사람을 위한 활동
5. 안 될 때 — 증상 · 원인 · 해결

교재 속 화면 그림에 대해

화면 그림은 자동차 스튜디오를 실제로 실행해 찍었습니다. 다만 자동차 카메라 자리에는 **그려 넣은 차선 그림**을, 노트북 카메라 자리에는 **AI로 만든 손 · 사람 그림**을 넣었습니다(학생 얼굴이 찍히지 않게 하려는 것입니다). 내 화면의 영상은 실제 교실 모습이라 그림과 다릅니다.

자동차 알아보기

이번에 하는 일 — 우리가 쓰는 자동차가 무엇으로 만들어졌고, 노트북과 어떻게 대화하는지 안다.



라즈베리파이 자율주행차 | ESP32_Cam 딥러닝차 | ESP32_Cam OpenCV차 | 기본형 자동차

Fab-Lab 에서 만든 자동차들. 이 교재는 **ESP32_Cam OpenCV차**(앞줄 왼쪽에서 셋째, 보라색)로 합니다

(photo_car_types.png)

무엇으로 만들었나

부품	하는 일
ESP32-CAM	자동차의 두뇌이자 눈. 카메라 영상을 Wi-Fi로 노트북에 보내고, 노트북이 보낸 명령을 받는다
DC 모터 1개 + L298N	뒷바퀴를 돌린다. L298N이 작은 신호를 모터를 돌릴 큰 전기로 바꿔 준다
서보모터(SG90) 1개	앞바퀴 방향을 꺾는다(조향)
초음파 센서(HC-SR04)	앞까지의 거리를 cm로 잰다
배터리(7.4V)	모든 부품에 전기를 준다
3D 출력 차체	샴시 · 바퀴 · 기어 · 조향부. 학생이 직접 고쳐 다시 출력할 수 있다

자율주행 자동차 제작 키포인트

제작 키포인트



구동 모터 버전별 프레임
TT 모터와 HM-300pg DC 모터 버전에 따라 프레임을 구분하여 출력해야 한다.



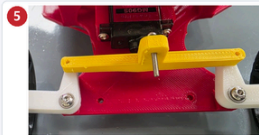
뒷바퀴 핀 고정
뒷바퀴는 전동축에 핀을 활용하여 견고하게 고정한다.



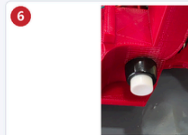
직접 제작 베어링
기계요소를 학습시키고자 할 때는 학생이 베어링을 직접 만들 수 있는 현재 모델을 사용한다.



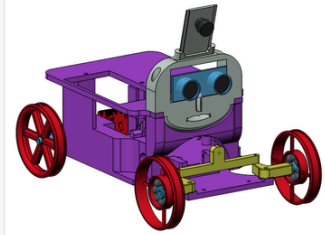
상용 베어링 적용
AI 기능을 강조하는 모델에서는 상용 베어링을 사용한다.



조향 장치 플렉시블 출력
조향 장치는 서보모터의 부하를 줄이기 위해 플렉시블 재료를 활용하여 출력한다.



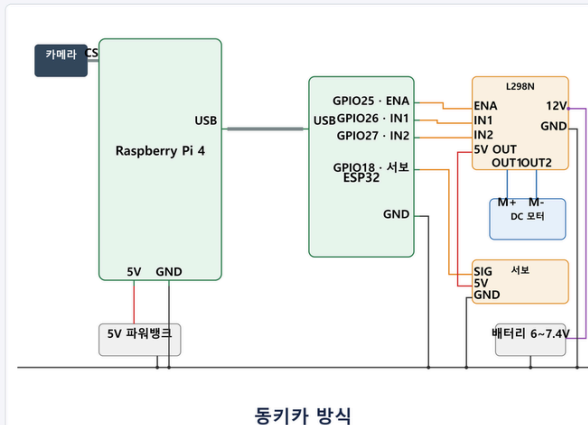
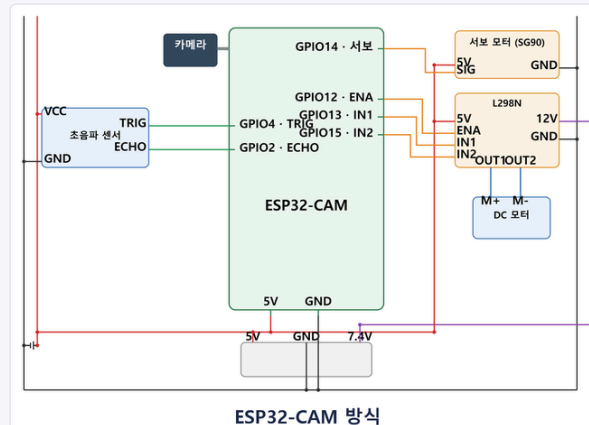
스위치 유격 보정
스위치를 장착할 때 소량의 글루건을 활용하여 유격을 줄인다.



■ 완성 모델 (3D 설계)

제작 키포인트 — 모터 버전별 프레임, 뒷바퀴 핀 고정, 직접 만든 베어링, 조향 장치, 스위치 고정 (photo_car_keypoints.png)

회로



회로도. 왼쪽이 이 교재의 **ESP32-CAM 방식**입니다(오른쪽 동키카 방식은 심화) (photo_car_circuit.png)

ESP32-CAM 핀	연결
GPIO14	서보 신호
GPIO12 · GPIO13 · GPIO15	L298N의 ENA · IN1 · IN2 (모터 속도와 방향)
GPIO4 · GPIO2	초음파 센서 TRIG · ECHO
3V3	초음파 센서 VCC

GND 자리를 꼭 지키세요

ESP32-CAM에는 GND 핀이 세 개 있습니다. 초음파 센서의 GND는 **IO0 바로 옆 GND**에 꽂습니다. 5V 옆 GND에 꽂으면 자동차가 켜졌다 꺼졌다를 끝없이 되풀이합니다(전원 쪽 전류와 길이 겹치기 때문입니다).

노트북과 자동차가 주고받는 것

노트북이 자동차에게 보내는 명령은 **딱 두 가지 숫자**입니다. 키보드를 누르든, 손을 움직이든, AI가 운전하든 결국 이 두 숫자를 만들어 보냅니다.

명령	값	뜻
속도	-250 ~ +250	양수는 전진, 음수는 후진, 0은 정지
조향	30 ~ 150	작을수록 오른쪽 , 클수록 왼쪽, 가운데(90 근처)는 직진

자동차는 노트북 핫스팟 `Auto_Car_01`에 들어와, 명령은 UDP 4210번으로 받고 카메라 영상은 80번으로 보냅니다.

시작하기 — 자동차를 연결하고 화면 익히기

시간 15분 · 준비물 자동차, 노트북, 충전된 배터리 · 이번에 하는 일 노트북 핫스팟을 켜고, 자동차 스튜디오를 열어 자동차를 연결한다.

자동차와 노트북은 **Wi-Fi로 대화**합니다. 노트북이 Wi-Fi를 만들고(핫스팟), 자동차가 거기에 들어옵니다. 이 단원을 끝내면 창 맨 위에 **연결됨 · 192.168.137.xxx** 가 뜨고 왼쪽에 자동차 카메라 영상이 나옵니다.

(가) 자동차에 STA 펌웨어가 올라가 있는지 확인한다

이 수업은 **STA 펌웨어**(`esp32_cam\firmware_STA_python`)를 씁니다. 자동차가 노트북 핫스팟에 들어오는 펌웨어입니다.

펌웨어	자동차가 하는 일	이 수업에서
AP (<code>firmware_AP_phone</code>)	자동차가 스스로 Wi-Fi를 만들고 폰이 거기 접속한다	쓰지 않음
STA (<code>firmware_STA_python</code>)	자동차가 노트북 핫스팟에 들어온다	이것을 씁니다

스마트폰 조종 수업을 했던 자동차라면 AP 펌웨어가 올라가 있어 이 수업이 되지 않습니다. 선생님께 STA 펌웨어로 바꿔 달라고 하세요(올리는 방법은 [부록 B](#)).

(나) 노트북 핫스팟을 켜다

- 1 윈도우 작업 표시줄 오른쪽 아래 **Wi-Fi 아이콘**을 누릅니다.
- 2 **모바일 핫스팟**을 켭니다. 설정에서 이름과 대역을 확인합니다.
- 3 이름은 `Auto_Car_01` , 대역은 **2.4GHz**여야 합니다.

주의

5GHz로 되어 있으면 자동차가 영원히 들어오지 못합니다. 자동차의 Wi-Fi는 2.4GHz만 씁니다. 찾기가 안 될 때 가장 먼저 볼 곳입니다.

(다) 자동차 전원을 켜다

배터리를 연결하고 **10초쯤** 기다립니다. 자동차가 핫스팟에 들어오는 시간입니다.

(라) 스튜디오를 연다

파일 탐색기 → D:\data\study\AI\Fab-Lab\CAR\Program\auto_car\00_수업실행_STA → 자동차스튜디오_시작.bat 더블클릭

- 검은 창이 하나 뜨고 이어서 스튜디오 창이 열립니다. 검은 창은 닫지 마세요. 스튜디오를 닫으면 같이 닫힙니다.
- 창이 열리면 스스로 자동차를 찾습니다. 찾으면 맨 위가 **연결됨 · 192.168.137.xxx** 로 바뀝니다.
- "자동차를 찾지 못했습니다"로 남으면 **찾기** 를 한 번 더 누릅니다.

(마) 화면의 각 부분을 익힌다



자동차 스튜디오 화면의 네 부분 (screen_parts.png)

번호	위치	무엇
1	맨 위 줄	자동차 IP, 찾기 자동차 연결 연결 해제 , 연결 상태
2	탭 여섯 개	① 조종 체험 ② 초음파 자율주행 ③ 카메라·차선 인식 ④ 모방학습 ⑤ 심화 ⑥ 설정
3	가운데	지금 고른 탭의 내용. 왼쪽은 자동차가 보는 영상, 오른쪽은 조종
4	맨 아래 줄	[■ 비상 정지] 와 안내 줄, 교재 목차 · 안 될 때 단추

맨 위 줄과 맨 아래 줄은 모든 탭이 함께 씩니다. 어느 탭에서든 비상 정지를 누를 수 있습니다.

(바) 첫 움직임을 확인한다 — 바퀴를 띄우고

- 1 차체를 책 두 권 사이에 올려 **바퀴가 공중에 뜨게** 합니다.
- 2 ① 조종 체험 탭에서 **▶ 주행 켜기**를 누릅니다. 이것이 **시동**입니다.
- 3 키보드 **W**를 누르거나 화면의 **▲ 전진**을 누르고 있습니다. 뒷바퀴가 돌면 성공입니다.
- 4 **■ 주행 끄기**로 멈춥니다.

성공

바퀴가 돌았다면 연결 · 명령 · 모터가 모두 정상입니다. 새로 조립한 자동차라면 다음 단원 전에 ⑥ **설정**에서 바퀴 가운데를 먼저 맞추세요.

꼭 기억할 것

- **[▶ 주행 켜기]**를 누르지 않으면 어떤 단추도 자동차를 움직이지 못합니다. 자동차의 시동과 같습니다.
- 탭을 옮기면 자동차는 먼저 멈춥니다. 실수로 달리는 것을 막기 위해서입니다.
- 명령을 보내는 것은 **지금 보고 있는 탭 하나뿐**입니다.
- 자동차 영상은 **한 번에 한 프로그램만** 받을 수 있습니다. 다른 프로그램이나 브라우저가 영상을 보고 있으면 스튜디오가 영상을 못 엽니다.

안 될 때

증상	원인	해결
"노트북 핫스팟이 꺼져 있습니다"	핫스팟이 꺼짐	윈도우 설정에서 모바일 핫스팟을 켜다
"자동차를 찾지 못했습니다"	5GHz 핫스팟 · 자동차가 아직 안 들어옴 · AP 펌웨어	2.4GHz 확인 → 자동차 전원 켜다 켜기 → 펌웨어 확인
찾기는 되는데 연결이 안 됨	다른 프로그램이 자동차 영상을 쓰는 중	그 프로그램(브라우저 탭 포함)을 닫고 다시 자동차 연결
창은 떴는데 영상이 검다	아직 영상이 열리는 중	5초쯤 기다린다. 그래도 검으면 카메라 끄기 를 눌렀다 다시 켜다

전에 되던 IP가 안 됨

자동차를 켜다 켜면 주소가 바뀐다

찾기로 새 주소를 받는다

안전 수칙 — 늘 지킬 것

자동차는 스스로 멈추지 않습니다

자동차 펌웨어에는 **명령이 끊겨도 스스로 멈추는 장치가 없습니다**. 스튜디오가 0.1초마다 명령을 보내고, 탭을 옮길 때 · 창을 닫을 때 · 비상 정지 때 정지를 보냅니다. 프로그램이 멈추면 자동차는 마지막 명령대로 계속 갈 수 있습니다.

1. 처음에는 반드시 바퀴를 띄우고 시험합니다. 책 두 권 사이에 차체를 올려 두면 됩니다.
2. 창 맨 아래 **[■ 비상 정지]**는 어느 탭에서나 누를 수 있습니다. 손이 닿는 곳에 마우스를 두세요.
3. 바닥에서 시험할 때는 사람이 없는 넓은 곳에서 하고, 책상 위에서는 달리지 않습니다.
4. 조향을 끝까지 꺾어 바퀴가 기구에 부딪히면 자동차가 꺼질 수 있습니다. 조향 폭은 [ⓘ 설정](#)에서 맞춘 범위 안에서 씁니다.

① 조종 체험 — 키보드 · 손 · 몸 · 조이스틱

시간 40분 · 이번에 하는 일 네 가지 방법으로 자동차를 직접 운전하고, 사람의 동작이 기계 명령(숫자 두 개)으로 바뀌는 과정을 본다.



① 조종 체험 탭. 왼쪽은 자동차가 보는 영상, 오른쪽은 단추판. 영상 아래 **보내는 값**이 지금 나가는 두 숫자입니다 (screen_tab1_drive.png)

화면 왼쪽 아래 **보내는 값: 속도 +150 · 조향 111 (왼쪽)** 처럼 지금 나가는 숫자가 보입니다. **사람의 동작이 숫자로 바뀌는 순간을 눈으로 보는 것**이 이 단원의 목표입니다.

(가) 준비 — 바퀴를 띄우고 시동을 켜다

- 1 차체를 책 두 권 사이에 올려 바퀴를 띄웁니다.
- 2 ① 조종 체험 탭을 누르고 ▶ **주행 켜기** 를 누릅니다. 글자가 초록색 "주행 켜짐"으로 바뀝니다.

(나) 키보드로 운전한다

조종 방법에서 **키보드**를 고릅니다(처음부터 이것입니다).

키	하는 일
W 또는 ↑	전진
S 또는 ↓	후진
A 또는 ←	왼쪽으로 조향
D 또는 →	오른쪽으로 조향
W + A 처럼 함께	돌면서 달리기
T / Space	주행 켜기 / 주행 끄기

화면의 단추판으로도 됩니다. 단추는 **누르고 있는 동안만** 움직입니다. 모서리 단추는 돌면서 앞뒤로 가는 것이고,

◀ 왼쪽 바퀴만 **바퀴만 오른쪽 ▶** 은 바퀴만 꺾습니다.

위쪽 두 막대로 세기를 정합니다. **속도**는 처음에 100~150, **조향 폭**은 ±35(55~125)를 권합니다.

(다) 손으로 운전한다

조종 방법에서 **손으로**를 고르고 **카메라 켜기** 를 누릅니다. 노트북 웹캠이 켜집니다.



손으로 조종. 카메라가 손 관절 21곳을 찾아 선으로 잇습니다. 손바닥이 가운데 네모 안에 있으면 정지(앞뒤 0 · 좌우 0)
(screen_tab1_hand.png · 손 그림은 AI로 만든 그림)

손 모양	하는 일
손바닥을 위 / 아래로	전진 / 후진
손바닥을 왼쪽 / 오른쪽으로	그쪽으로 조향
손바닥을 2초 유지	주행 켜기 (꺼져 있을 때만)
주먹을 2초 유지	주행 끄기
브이를 2초 유지	사진 찍기

- 화면은 **거울처럼** 보입니다. 내가 오른쪽으로 움직이면 화면에서도 오른쪽입니다.
- 가운데 네모(중립) 안에서는 멈춰 있습니다. 손이 화면에서 사라져도 바로 멈춥니다.
- 카메라 아래 "앞뒤 +0.6 · 좌우 -0.2" 같은 숫자가 움직이면 인식이 되는 것입니다.

(라) 몸으로 운전한다

조종 방법에서 **몸으로(전신)**를 고르고 카메라를 켭니다. 온몸이 보이도록 **두세 걸음 물러섭니다**.



몸으로 조종. 양팔을 위로 들면 "양손 위 → 전진"이 되고 보내는 값이 속도 +150 이 됩니다 (screen_tab1_body.png · 사람 그림은 AI로 만든 그림)

자세	하는 일
양팔을 위로 (만세)	전진
양손을 허리 옆이나 그 아래로	후진
한 팔이라도 옆으로	그쪽으로 회전 (가던 방향 그대로)
손을 가슴 앞에	멈춤

주의

몸으로 모드는 **카메라를 켜는 순간 주행도 켜집니다**. 그리고 팔을 자연스럽게 내리고 서 있으면 **후진**입니다. 멈추려면 손을 가슴 높이로 올리거나 **■ 주행 끄기** · 비상 정지를 씁니다.

(마) 조이스틱으로 운전한다

게임패드(PS4 · Xbox)를 USB나 블루투스로 **먼저 연결한 뒤** 조종 방법에서 **조이스틱**을 고릅니다. 왼쪽 스틱 위아래가 전진 · 후진(미는 만큼 빠르게), 좌우가 조향입니다. A(x)는 주행 켜기, B(O)는 주행 끄기입니다. 화면의 초록 점이 안 움직이면 **패드 다시 찾기** 를 누릅니다.

관찰하고 생각하기

1. 같은 "왼쪽"이라도 키보드는 **끝까지**, 손과 스틱은 **기울인 만큼** 꺾습니다. 어느 쪽이 부드럽습니까?
2. 조향 값이 125일 때와 55일 때, 바퀴는 어느 쪽으로 꺾입니까? 숫자가 작을수록 어느 쪽입니까?
3. 손으로 조종할 때 조명을 어둡게 하면 인식이 어떻게 됩니까?

더 해 보기

해 볼 것	무엇만 바꾸면 되나
아주 느린 주행	속도 막대를 60까지 내린다. 모터가 안 돌면 조금씩 올린다
8자 주행 · 친구와 시간 대결	책상 위에 컵 두 개를 놓고 8자로 돌아오는 시간을 잰다
손 조종으로 사진 찍기	브이를 2초 유지. 사진은 00_수업실행_STA\사진 폴더에 쌓인다

안 될 때

증상	원인	해결
단추를 눌러도 안 움직인다	주행이 꺼져 있다	▶ 주행 켜기 (맨 아래 안내가 알려 준다)
키보드 W·A·S·D가 안 먹는다	IP 칸에 커서가 있다	화면의 빈 곳을 한 번 클릭한다
카메라가 안 켜진다	다른 프로그램이 웹캠을 쓰는 중	화상회의 · 카메라 앱을 닫고 다시 켜다
손은 보이는데 안 움직인다	가운데 네모 안이다	손을 네모 밖으로 더 움직인다
몸으로 모드에서 자주 후진한다	팔을 내리고 서 있다	손을 가슴 앞으로 올린다
조향할 때 자동차가 꺼진다	바퀴가 끝까지 꺾여 기구에 부딪힘	조향 폭을 줄이고 ⑥ 설정 에서 끝값을 맞춘다

② 초음파 자율주행 — 카메라 없이 거리만으로

시간 40분 · 이번에 하는 일 앞쪽 거리 하나만 보고 스스로 달리는 세 가지 방법을 비교한다.

자동차 앞의 **초음파 센서**는 소리를 보내고 돌아오는 시간을 재서 앞까지의 거리를 cm로 알려 줍니다. 이 단원에서는 카메라를 전혀 쓰지 않고 그 숫자 하나만으로 자동차를 달리게 합니다.



② 초음파 자율주행 탭. 큰 숫자가 앞까지의 거리, 오른쪽이 모드 단추 넷 (screen_tab2_sonar.png)

모드	규칙	어디에 쓰나
회피	앞이 막히면 K-턴으로 오른쪽 으로 비켜 간다	장애물이 드문드문 있는 방
순찰	회피와 같지만 왼쪽 · 오른쪽 을 번갈아 돈다	좁은 공간을 계속 도는 청소 로봇
따라가기	앞 물체와 18~35cm 간격을 지킨다	앞차를 따라가는 자동 운전

(가) 거리부터 읽어 본다

② 탭에 들어가면 곧바로 거리 재기가 시작됩니다(모드는 **멈춤**). 손바닥을 자동차 앞에 대고 앞뒤로 움직여 보세요. 숫자와 파란 막대가 따라 움직입니다.

표시	뜻
빨간 세로선	장애물로 보는 거리 18cm
초록 칸	따라가기에서 지키려는 간격 18~35cm
999 cm	반사가 없음 (5m 넘게 비었거나 비스듬한 면)
응답 없음	자동차가 대답을 안 했다. 연결을 확인한다

(나) 회피를 시켜 본다 — 먼저 바퀴를 띄우고

- 1 자동차를 책 위에 올려 바퀴를 띄우고 **회피**를 누릅니다. 바퀴가 전진 방향으로 돕니다.
- 2 손바닥을 센서 앞 **18cm 안쪽**에 댑니다. 바퀴가 멈췄다가 **뒤로 돌고**, 다시 **앞으로 돌면서** 방향이 바뀝니다. 이것이 **K-턴**입니다.
- 3 **■ 멈춤**을 누릅니다.

K-턴은 후진하며 바퀴를 한쪽으로 꺾고, 다시 전진하며 반대로 꺾어 차체 방향을 바꾸는 방법입니다. 앞바퀴로만 방향을 바꾸는 자동차는 제자리에서 돌 수 없기 때문입니다.

(다) 바닥에서 달리고, 순찰과 비교한다

넓고 평평한 바닥에 자동차를 놓고 자율 속도를 **80~110**에 맞춘 뒤 **회피**를 누릅니다. 벽이나 상자를 만나면 비켜 갑니다. 이어서 **순찰**로 같은 자리에서 다시 달려 봅니다. 회피는 늘 오른쪽으로 돌아 구석에서 맴돌기 쉽고, 순찰은 번갈아 돌아 더 넓게 돌아다닙니다.

(라) 따라가기를 해 본다

따라가기를 누르고 손바닥이나 책을 자동차 앞에 세운 채 천천히 물러섭니다. 자동차가 따라옵니다. 가까이 가져가면 뒤로 물러섭니다.

앞 물체까지 거리	자동차	왜
18cm보다 가까움	후진	너무 가까워서
18~35cm	멈춤	알맞은 간격이라서
35~120cm	전진	너무 멀어서

120cm보다 멀

멈춤

따라갈 대상을 놓친 것으로 본다

성공

손을 움직이는 대로 자동차가 간격을 지키면 성공입니다. 실제 자동차의 **어댑티브 크루즈 컨트롤**과 같은 원리입니다.

관찰하고 생각하기

1. 초음파 센서는 **앞 한 곳**만 봅니다. 옆에서 다가오는 물체는 왜 못 피합니까?
2. 폭신한 천이나 비스듬한 상자를 대면 숫자가 어떻게 됩니까? 왜 그렇습니까?
3. 자율 속도를 올리면 회피가 더 잘 됩니까, 더 안 됩니까?

더 해 보기

해 볼 것	무엇만 바꾸면 되나
좁은 길 통과	상자 두 개로 60cm 통로를 만들고 순찰로 돌린다
느린 회피	자율 속도를 60까지 내린다. K-턴이 더 또렷이 보인다
장애물 기준 · 따라가기 간격 바꾸기	<code>CAR\Program\auto_car\opencv\python\ultrasonic_drive.py</code> 의 <code>OBSTACLE_DIST_CM</code> (기본 18) · <code>FOLLOW_NEAR_CM</code> · <code>FOLLOW_FAR_CM</code> . 고친 뒤 스튜디오를 켜다 켜다

안 될 때

증상	원인	해결
거리가 늘 999다	앞이 비었거나 반사면이 비스듬하다	평평한 책을 20cm 앞에 세워 본다
숫자가 마구 튜다	센서 선이 헐거움	배선을 다시 꽂고 ⑥ 설정 의 거리 재기로 확인
K-턴 중에 자동차가 꺼진다	배터리가 약하거나 바퀴가 걸림	배터리 충전, 바퀴 주변 확인

탭을 옮겼더니 멈췄다

정상이다

탭을 옮기면 항상 멈춘다. 다시 모드를
고른다

③ 차선 자율주행 — 카메라로 차선을 보고 달리기

시간 80분 · 이번에 하는 일 카메라 영상에서 차선을 찾아내고, 그 차선을 따라 스스로 달리게 한다. 값을 바꿔 가며 잘 달리게 다듬는다.

자동차가 스스로 달리려면 세 가지를 차례로 해야 합니다.

1. 본다 — 카메라 영상에서 차선만 골라낸다 (색으로 고릅니다)
2. 판단한다 — 차선이 화면 가운데에서 얼마나 비켜 있는지, 얼마나 기울었는지 잴다
3. 움직인다 — 비킨 만큼, 기울 만큼 바퀴를 꺾는다



③ 카메라-차선 인식 탭. 영상 위에 차선을 찾는 구역과 찾은 차선, 오른쪽에 값을 바꾸는 막대들. 아래 줄의 **차선 중심 · 기울기 · 보내는 값**이 판단 결과입니다 (screen_tab3_lane.png)

(가) 차선을 깔고 탭을 연다

어두운 바닥에 **흰색 테이프**(폭 3~5cm)로 선을 붙이는 것이 가장 쉽습니다. ③ 탭을 누르면 곧바로 차선을 찾기 시작합니다. **아직 달리지는 않습니다**. 처음 열 때는 프로그램을 읽느라 10초쯤 걸릴 수 있습니다.

(나) 무엇을 보고 있는지 읽는다

화면에 보이는 것

뜻

초록 가로선과 구역 (Detection Zone)	차선을 찾는 구역(ROI). 이 안만 봅니다
파란 선 (Near ROI)	가까운 곳을 보는 줄
하늘색 점 Far · 분홍 점 Near	먼 줄과 가까운 줄에서 찾은 차선의 중심
Position Error	차선 중심이 화면 가운데에서 몇 픽셀 비켰는지
Angle	가까운 점과 먼 점을 이은 선의 기울기

도움말

아직 ▶ **자율주행 시작** 을 누르지 않아도 **바뀌는 차선 쪽으로 꺾입니다**. 자동차를 손에 들고 차선 위에서 좌우로 움직여 보세요. 바뀌가 따라 꺾이면 "보는 것"과 "판단"이 맞는 것입니다.

(다) 차선이 잘 보이게 맞춘다

아래 글자에 "차선 못 찾음"이 나오면 오른쪽 **차선** 묶음에서 값을 바꿉니다. **한 번에 하나씩** 바꾸고 화면을 봅니다.

막대	언제 바꾸나	어느 쪽으로
차선 색	테이프 색에 맞춘다	흰색 / 검정 / 주황
감지 영역 길이	더 멀리 보고 싶을 때	작게 할수록 위로 길어진다 (0.30이 가장 길다)
흰색 밝기 최소	어두운 방에서 차선이 안 잡힐 때	낮춘다 (예: 220 → 190)
흰색 채도 최대	누런 바닥 위 흰 선이 안 잡힐 때	높인다 (예: 50 → 80)

처음이라 막막하면

조명이 가장 큰 원인입니다. 형광등 바로 아래와 그늘진 곳은 값이 다릅니다. **수업하는 그 자리에서 맞춘 값이 정답**입니다.

(라) 달리게 한다

자동차를 차선 위에 놓고 ▶ **자율주행 시작** 을 누릅니다. 처음에는 **기본 속도를 100~130**으로 낮춰 시작하세요. 멈추려면 ■ **정지** 또는 맨 아래 비상 정지입니다.

(마) 잘 달리게 다듬는다

막대	뜻	크게 하면	작게 하면
기본 속도	곧게 갈 때 속도	빠르지만 굽은 길에서 벗어남	안전하지만 느림
k_posi on	차선이 옆으로 비킨 만큼 꺾는 세기	중앙으로 빨리 돌아옴. 심하면 좌우로 흔들림	부드럽지만 중앙 복귀가 늦음
k_angle	차선이 기운 만큼 꺾는 세기	굽은 길에 빨리 반응	굽은 길에서 늦게 돌아 벗어남
조향 중립	똑바로 갈 때의 서보 값	왼쪽으로 쏠림	오른쪽으로 쏠림

증상	먼저 바꿀 것
직선에서 좌우로 흔들린다	k_position을 0.2씩 낮춘다
굽은 길에서 바깥으로 벗어난다	k_angle을 0.3씩 올리거나 속도를 낮춘다
직선인데 한쪽으로 쏠린다	조향 중립을 1씩 바꾼다 (㉔ 설정)
차선을 놓치고 그냥 간다	감지 영역 길이를 줄여 더 멀리 보게 한다

(바) 사물을 보면 멈추게 한다 (선택)

사물 감지(YOLO)를 켜면 사람 · 정지 표지판 · 신호등을 보고 멈추거나 느려집니다. 처음 켤 때 모델을 읽느라 몇 초 걸립니다. 화면이 느려지면 **YOLO 주기를** 크게(예: 3 → 6) 합니다.

(사) 값을 저장한다

마음에 드는 값을 찾았으면 **config.json 에 저장** 을 누릅니다. 다음에 스튜디오를 켤 때도, 완성본 프로그램 (`main.py`)을 따로 돌릴 때도 이 값으로 시작합니다. **누르지 않으면 저장되지 않습니다.**

관찰하고 생각하기

1. Position Error가 양수일 때와 음수일 때, 바퀴는 어느 쪽으로 꺾이니까?
2. 감지 영역을 짧게(0.8) 하면 먼 곳을 못 봅니다. 굽은 길에서 어떤 일이 생깁니까?
3. 차선을 잠깐 가렸다가 치우면 자동차는 어떻게 합니까? 왜 그렇게 됩니까?

더 해 보기

해 볼 것	무엇만 바꾸면 되나
-------	------------

검정 차선	밝은 바닥에 검정 테이프, 차선 색을 [검정]으로
속도 한계 찾기	기본 속도를 10씩 올리며 벗어나기 직전 값을 찾는다
조명 실험	불을 하나 끄고 같은 값으로 달려 본다. 어디서 실패하는지 본다
한 바퀴 시간 재기	⑤ 심화의 D1 경진대회 타이머로 랩타임 기록

안 될 때

증상	원인	해결
"차선 못 찾음"만 나온다	색 설정이 안 맞다	차선 색 확인 → 흰색 밝기 최소를 낮춘다
구역 밖에 차선이 있다	카메라가 너무 높거나 낮다	카메라 각도를 낮춰 바닥이 더 보이게 한다
바퀴는 꺾이는데 안 달린다	시작을 안 눌렀다	▶ 자율주행 시작 을 누른다
화면이 뚝뚝 끊긴다	YOLO가 무겁다	YOLO 주기를 6~10으로 올리거나 사물 감지를 끈다
저장했는데 그대로다	저장을 안 눌렀다	config.json 에 저장 을 눌렀는지 확인

④ 모방학습 — 내 운전을 보고 AI가 배운다

시간 80분 · 이번에 하는 일 내가 운전하는 모습을 데이터로 모으고, 그 데이터로 AI를 가르쳐, AI가 대신 운전하게 한다.

③에서는 사람이 규칙을 직접 적었습니다. "차선이 왼쪽으로 비키면 왼쪽으로 꺾어라" 같은 규칙입니다. 이번에는 규칙을 적지 않습니다. 대신 내가 운전하는 모습을 여러 장 보여 주고 AI가 거기서 규칙을 스스로 찾게 합니다. 이것을 모방학습이라고 합니다.

AI가 보는 것은 아주 작은 그림입니다. 카메라 영상의 아래쪽 절반을 흑백 8칸 × 6칸 = 48칸으로 줄인 것으로, 화면 왼쪽 아래 작은 회색 그림(features)이 바로 그것입니다. 데이터 한 장에는 그때 AI가 본 48칸과 그때 내가 준 명령(속도 · 조향)이 함께 들어 있습니다.

④ 탭은 작은 탭 넷으로 나뉩니다. 왼쪽에서 오른쪽 순서대로 하면 됩니다.

(가) ㉗ 모으기 — 내 운전을 보여 준다



㉗ 모으기. 영상 왼쪽 아래 작은 그림(features)이 AI가 보는 48칸입니다 (screen_tab4_collect.png)

1

▶ **주행 켜기** 를 누르고 키보드 W/S · A/D 또는 단추로 **차선을 따라 운전**합니다.

2

운전이 익숙해지면 ● **모으기 시작** 을 누릅니다. 0.2초마다 한 장씩 쌓입니다.

3

한 바퀴를 돌고 **모으기 멈춤** 을 누릅니다. 화면에 "모은 데이터: 87장"처럼 개수가 보입니다.

잘 모으는 요령

- 굽은 길을 충분히 넣으세요. 곧은 길만 모으면 AI도 곧은 길만 압니다.
- 잘못 운전한 구간은 **마지막 지우기** 로 몇 장 지웁니다.
- 멈춰 있는 동안에는 모으지 마세요. 속도 0인 데이터가 많으면 AI가 "멈추는 법"만 배웁니다.
- 처음에는 **100~200장**을 목표로 합니다.

(나) ㉠ 가르치기 — 데이터로 AI를 가르친다



㉠ 가르치기. 막대로 곧게 · 왼쪽 · 오른쪽 데이터가 얼마나 되는지 보고, [회귀 학습하기] 결과로 RMSE가 나옵니다

(screen_tab4_train.png)

1

막대 그림으로 **곧게 · 왼쪽 · 오른쪽**이 얼마나 치우쳤는지 봅니다. 한쪽이 너무 적으면 ㉡로 돌아가 더 모읍니다.

2

회귀 학습하기 를 누릅니다. 잠시 뒤 **학습 완료 - 150장 · RMSE 속도 0.4 · 조향 6.6** 같은 결과가 나옵니다.

RMSE는 "내가 준 답과 AI가 낸 답의 차이"입니다. 작을수록 잘 외운 것이지만, 너무 작다고 좋은 것은 아닙니다. 외우기만 하고 **새 길에서는 못 달릴** 수도 있습니다.

두 가지 AI

회귀(Ridge)는 48칸 값을 넣으면 속도 · 조향을 계산해 주는 식을 만듭니다. 학습이 필요합니다.

KNN은 모은 데이터 중 **지금과 가장 비슷한 장면 세 개**를 찾아 그 명령을 섞어 씁니다. 학습이 필요 없습니다.

(다) ㉔ AI로 달리기



㉔ AI로 달리기. AI 방식을 고르고 속도를 고정하면 조향만 AI가 정합니다 (screen_tab4_ai.png)

- 1 AI 방식에서 [회귀(Ridge)] 또는 [KNN]을 고릅니다.
- 2 속도 고정을 120쯤에 둡니다. 이러면 **조향만 AI가 정**하고 속도는 일정합니다. 처음에는 이 편이 안전합니다.
- 3 ▶ **주행 켜기** 와 ▶ **AI 시작** 을 둘 다 누릅니다. 화면에 AI가 낸 값이 나옵니다.

주의

처음 한 번은 반드시 **바퀴를 띄운 채로** 확인하세요. AI가 엉뚱한 방향으로 꺾는지 먼저 봅니다.

(라) 두 방식을 비교한다

같은 데이터로 회귀와 KNN을 번갈아 달려 보고 표를 채웁니다.

비교할 것	회귀(Ridge)	KNN
한 바퀴 성공했나		
굽은 길에서		
처음 보는 자리에서		
데이터를 절반만 쓰면		

(마) ㉔ 원래 프로그램 (선택)

손 제스처나 스마트폰으로 데이터를 모으고 싶으면 ㉔ **원래 프로그램** 카드에서 모드 2~7을 띄웁니다. 다 쓰면 그 창을 닫으세요. 데이터(`imitation_learning_car\demonstrations\dataset\dataset.json`)와 모델(`models\ridge_model.npz`)은 스튜디오와 원래 프로그램이 같이 씁니다.

관찰하고 생각하기

1. AI는 48칸만 봅니다. 사람이 보는 것보다 훨씬 적은데도 달릴 수 있는 이유는 무엇입니까?
2. 굽은 길 데이터만 모아 학습하면 굽은 길에서 무엇이 일어납니까? 직접 해 보세요.
3. 조명을 바꾸면 AI가 헤맬니다. 왜 그렇습니까? 규칙을 적은 ㉓과 비교해 보세요.

더 해 보기

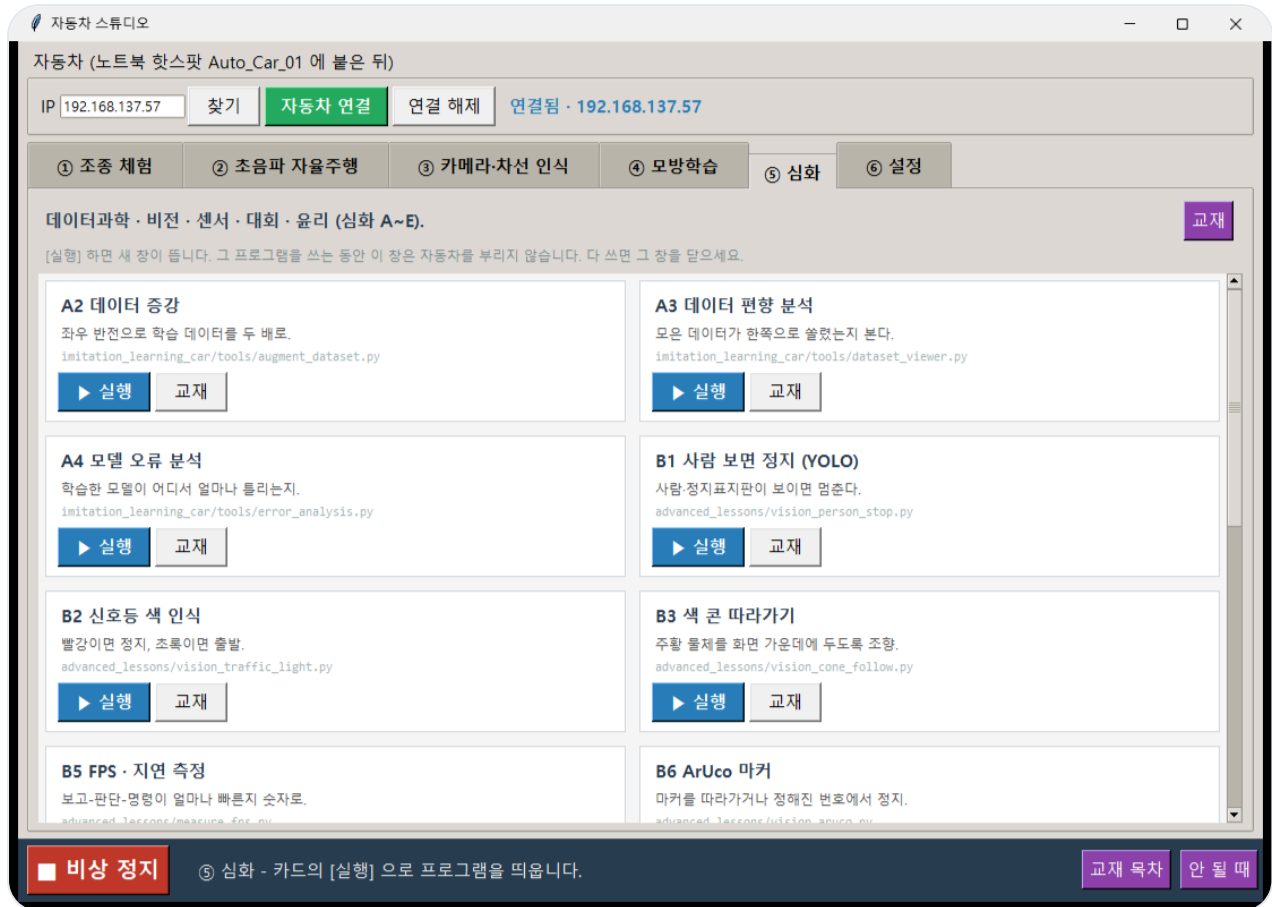
해 볼 것	무엇만 바꾸면 되나
데이터 양 실험	30장 · 100장 · 300장으로 각각 학습해 성공률을 비교
데이터 두 배로 늘리기	㉓ 심화 A2 데이터 증강 — 좌우를 뒤집어 반대 방향 데이터를 만든다
사람 없이 모으기	㉔ 의 모드7 OpenCV 자동 수집 — ㉓의 규칙 주행이 대신 운전하며 데이터를 만든다

안 될 때

증상	원인	해결
[회귀 학습하기]가 안 된다	데이터가 10장 미만	㉔에서 더 모은다
"먼저 ㉔ 에서 학습하세요"	회귀 모델이 없다	학습을 하거나 AI 방식을 [KNN]으로 바꾼다
AI가 한쪽으로만 꺾는다	데이터가 치우쳤다	㉔ 막대를 보고 부족한 쪽을 더 모은다
작은 탭을 옮겼더니 멈췄다	정상이다	안전을 위해 옮길 때마다 멈춘다
데이터를 다 지우고 싶다	—	㉔의 전부 지우기 (되돌릴 수 없다)

⑤ 심화 활동 — 사람을 보면 멈추고, 신호등을 읽고, 주차를 한다

시간 활동마다 20~40분 · 이번에 하는 일 ⑤ 심화 탭의 카드로 확장 활동을 골라 해 본다.



⑤ 심화 탭. 카드의 [▶ 실행]은 그 프로그램을 새 창으로 띄우고, [교재]는 자세한 설명을 엽니다 (screen_tab5_advanced.png)

카드의 [▶ 실행]을 누르면 그 프로그램이 새 창으로 뜹니다. 스튜디오는 그동안 자동차와 영상을 내려놓고 기다립니다. 다 쓰면 그 창을 닫으세요.

묶음	카드	하는 일
데이터과학 (A)	A2 데이터 증강	모든 데이터를 좌우 반전해 두 배로
	A3 데이터 편향 분석	속도 · 조향 분포를 그래프로
	A4 모델 오류 분석	학습한 모델이 어디서 얼마나 틀리는지

컴퓨터비전 (B)	B1 사람 보면 정지	YOLO로 사람 · 정지표지판을 보면 멈춤
	B2 신호등 색 인식	빨강이면 정지, 초록이면 출발 (색종이로)
	B3 색 콘 따라가기	주황 물체를 따라감
	B5 FPS · 지연 측정	보고-판단-명령이 얼마나 빠르지 숫자로
	B6 ArUco 마커	흑백 마커를 보고 따라가거나 정지
센서 제어 (C)	C1 주차 보조	벽 앞 목표 거리(15cm)에서 부드럽게 정지
	C2 미로 탐험	앞이 막히면 돌고 아니면 직진
	C3 PID 거리 유지	앞 물체와 거리를 유지하는 크루즈
	C4 센서 융합	카메라로 콘을 쫓고 초음파로 충돌을 막음
대회 · 윤리 (D · E)	D1 경진대회 타이머	랩타임 · 채점 · 순위표를 CSV로
	D2 주행 데이터 기록	운전하며 속도 · 조향 · 거리를 CSV로
	E1 사진 속 얼굴 흐리기	주행 사진에 찍힌 얼굴을 흐리게

추천 세 가지

B2 신호등 색 인식 (준비물이 가장 간단)

빨강 · 초록 색종이를 준비하고 B2 카드의 ▶ **실행**. 새 창이 뜨면 카메라 앞 위쪽에 색종이를 듭니다. 빨강이면 정지, 초록이면 출발합니다. 끝내려면 그 창에서 **q**.

C1 주차 보조

평평한 벽 앞 1m쯤에 자동차를 두고 C1 카드의 ▶ **실행**. 자동차가 벽으로 다가가다 목표 거리에서 **부드럽게** 멈춥니다. 멀수록 빠르고 가까울수록 느려지는 것, 곧 **거리에 비례한 속도**를 관찰합니다.

D1 경진대회 타이머

차선 코스를 만들고 ③이나 ④로 달릴 준비를 한 뒤 D1 카드의 ▶ 실행 . 팀 이름을 넣고 출발 · 완주 · 실패 · 감점을 키로 기록하면 랩타임과 순위표가 저장됩니다.

관찰하고 생각하기

1. B2는 색만 보고, B1은 **YOLO**로 물체를 알아봅니다. 각각 어떤 상황에서 더 잘 맞습니까?
2. B5로 켄 지연이 100ms라면, 자동차가 1m/s로 달릴 때 명령이 늦는 사이 몇 cm를 갑니까?
3. E1은 왜 필요합니까? 주행 사진을 그대로 공개하면 어떤 문제가 생깁니까?

안 될 때

증상	원인	해결
카드를 눌렀는데 창이 안 뜬다	이미 실행 중인 창이 있다	그 창을 닫고 다시 누른다
창이 떴다가 바로 닫힌다	오류로 끝났다	창의 메시지를 읽는다. 아무 키나 누르면 닫힌다
"ultralytics 없음"	YOLO 라이브러리 없음	B1은 YOLO가 필요하다. 다른 카드로 대신한다
B6 마커가 안 잡힌다	opencv-contrib 필요	선생님께 설치를 요청한다

⑥ 설정 — 바퀴를 똑바로 맞추고 자동차를 점검한다

시간 20분 · 언제 하나 처음 조립한 뒤, 그리고 "자꾸 한쪽으로 쏠린다" 싶을 때 · 이번에 하는 일 서보 가운데와 좌우 끝값을 맞추고, 모터 방향과 거리 센서를 점검한다.

자동차마다 서보를 끼운 각도가 조금씩 다릅니다. 그래서 같은 90을 보내도 어떤 차는 바퀴가 똑바로 서고 어떤 차는 살짝 틀어집니다. 그 차이를 맞추는 것이 이 단원입니다. 여기서 맞춘 값은 ①②③④ 탭과 완성본 프로그램이 모두 함께 씁니다.



⑥ 설정 탭. 조향 가운데 · 오른쪽 끝 · 왼쪽 끝, 모터 시험, 거리 재기 (screen_tab6_setup.png)

주의

바퀴를 띄우고 하세요. 값을 바꾸면 바퀴가 바로 그 값으로 움직입니다.

(가) 가운데(중립)를 맞춘다

자동차를 눈높이에서 앞에서 보고, 앞바퀴가 **똑바로 서 있는지** 봅니다. 왼쪽으로 틀어져 있으면 ◀-1을, 오른쪽으로 틀어져 있으면 +1▶를 누릅니다. 똑바로 설 때까지 1씩 맞춥니다.

(나) 좌우 끝값을 맞춘다

오른쪽 끝으로 를 눌러 바퀴가 기구에 부딪히기 직전까지만 가도록 값을 조정합니다. 같은 방법으로 **왼쪽 끝으로** 도 맞춥니다. 값의 순서는 **오른쪽 끝 < 가운데 < 왼쪽 끝**이어야 합니다.

부딪히면 자동차가 꺼질 수 있습니다

바퀴가 끝까지 꺾여 기구에 걸리면 서보가 계속 힘을 씁니다. 그때 전류가 크게 흘러 전압이 떨어지고 ESP32가 스스로 다시 켜지기도 합니다. "끼익" 소리가 나거나 서보가 떨리면 그 값보다 안쪽으로 되돌리세요.

(다) 모터 방향을 확인한다

시험 속도를 120쯤에 두고 **▲ 전진 0.5초** 를 누릅니다. 뒷바퀴가 앞으로 굴러가는 방향으로 돌면 정상입니다. 거꾸로 돈다면 L298N의 IN1 · IN2에 꽂힌 선(또는 모터의 두 선)을 서로 바꿔 끼웁니다. 느린 속도에서 안 돌면 시험 속도를 150~180으로 올려 보세요.

(라) 거리 센서를 점검한다

자동차 앞 20cm쯤에 책을 세우고 **거리 재기** 를 누릅니다. 다섯 번 재서 가운데 값을 보여 줍니다. 20cm 근처면 정상, 999면 반사가 없음, "응답 없음"이면 연결을 확인합니다.

(마) 저장한다

config.json 에 저장 을 누릅니다. 가운데 · 오른쪽 끝 · 왼쪽 끝 세 값이 저장되고 모든 탭이 이 값을 씁니다.

관찰하고 생각하기

- 가운데 값을 90에서 95로 바꾸면 직선 주행이 어느 쪽으로 쏠리니까? 왜 그렇습니까?
- 좌우 끝값을 넓게 잡으면 급한 커브를 돌 수 있습니다. 대신 어떤 위험이 생깁니까?

안 될 때

증상	원인	해결
값을 바꿔도 바퀴가 안 움직인다	자동차 연결이 안 됨	맨 위가 "연결됨"인지 확인
바퀴가 떨리며 소리가 난다	끝값이 기구 한계를 넘었다	그 값을 안쪽으로 되돌린다

저장했는데 다음에
그대로다

다른 탭에서 다시
저장했다

③ 탭의 저장에도 조항 중립이 들어간다. 마지막에 저장한
값이 남는다

안 될 때 — 증상별 해결 모음

가장 먼저 확인할 세 가지

1. 창 맨 위가 **연결됨 · 192.168.137.xxx** 인가? 아니면 자동차가 연결되지 않은 것입니다.
2. **▶ 주행 켜기** 를 눌렀는가? 이것이 시동입니다.
3. 창 맨 아래 **안내 줄**에 무엇이라고 쓰여 있는가? 대부분 거기에 이유가 적혀 있습니다.

갑자기 자동차가 사라질 때

잘 되다가 갑자기 반응이 없고 **찾기** 를 해도 자동차가 안 잡힙니다.

원인	어떻게 아나	해결
서보가 기구에 부딪혀 재부팅	직전에 조향을 끝까지 꺾었다	조향 폭을 줄이고 ⑥에서 끝값을 맞춘다
배터리 부족	오래 썼다. 모터가 약하다	배터리 교체
배선이 헐거움	자동차를 부딪혔다	GND · 전원 선을 다시 꽂는다

자동차가 다시 켜지면 **IP가 바뀝니다**. 반드시 **찾기** 를 다시 누르세요.

영상이 안 나올 때

증상	원인	해결
검은 화면	아직 여는 중	5초쯤 기다린다
"영상을 열 수 없습니다"	다른 프로그램이 쓰는 중	그 프로그램을 닫는다. 영상은 한 번에 하나만
자꾸 끊긴다	2.4GHz 혼잡	다른 Wi-Fi 기기를 줄이고 자동차를 노트북 가까이

자주 하는 오해

오해	사실
"탭을 옮겨도 계속 달리겠지"	탭을 옮기면 반드시 멈춥니다 . 다시 시작해야 합니다
"조향 값이 크면 오른쪽"	이 자동차는 값이 작을수록 오른쪽 입니다

"㉓에서 값을 바꾸면 저장된다"	[저장]을 눌러야 남습니다
"㉔에서 데이터는 저절로 쌓인다"	[● 모으기 시작]을 켜야 쌓입니다
"비상 정지는 ㉑ 탭에서만"	맨 아래 비상 정지는 어느 탭에서나 들립니다

그래도 안 되면

- 1. 스튜디오를 닫고 다시 엽니다. 검은 창도 함께 닫힙니다.
- 2. 자동차 전원을 껐다 켜고, 10초 기다린 뒤 **찾기**.
- 3. 노트북 핫스팟을 껐다 켵니다.
- 4. 그래도 안 되면 **검은 창에 나온 빨간 글씨**를 그대로 선생님이나 AI에게 보여 주세요. 거기에 원인이 있습니다.

부록 A. AI에게 물어보기

막혔을 때는 상황을 다섯 칸으로 적어 물어보면 답이 정확해집니다. 아래를 복사해 빈칸을 채우세요.

[환경] 윈도우 노트북, ESP32-CAM 자동차, 노트북 핫스팟 Auto_Car_01(2.4GHz), 자동차 스튜디오 (몇 번) 탭
[목표] (하고 싶은 것)
[상황] (화면에 나온 글자와 숫자를 그대로)
[시도] (이미 해 본 것)
[부탁] 원인을 찾는 순서를 알려 주세요. 전체 코드를 새로 써 주지는 마세요.

단원별 예시

[환경] ESP32-CAM 자동차, 흰색 테이프 차선, 자동차 스튜디오 ⑤ 탭
[목표] 직선에서 좌우로 흔들리는 것을 줄이고 싶다
[상황] 기본 속도 130, k_position 1.6, k_angle 2.5 에서 직선 주행 중 좌우로 흔들린다
[시도] 속도를 110으로 낮추니 조금 줄었다
[부탁] k_position 과 k_angle 중 무엇을 먼저 어떻게 바꿔야 하는지, 그 이유와 함께 알려 주세요.

[환경] 자동차 스튜디오 ⑥ 모방학습, 회귀(Ridge), 데이터 150장
[목표] AI가 굽은 길에서 벗어나지 않게 하고 싶다
[상황] 직선은 잘 가는데 오른쪽 굽은 길에서 바깥으로 나간다. 데이터는 골게 110장, 왼쪽 25장, 오른쪽 15장이다
[시도] 속도 고정을 120에서 100으로 낮췄더니 조금 나아졌다
[부탁] 데이터를 더 모아야 하는지, 모은다면 어떤 장면을 몇 장쯤 모아야 하는지 알려 주세요.

AI가 이 수업에서 자주 틀리는 것

- 이 자동차는 조향 값이 작을수록 오른쪽입니다. 반대로 설명하는 답이 많습니다.
- kp 라는 값이 코드에 남아 있지만 지금은 쓰이지 않습니다. k_position · k_angle만 씁니다.

AI 답을 믿기 전에

- 그 프로그램이 정말 그런 기능을 가졌는지 화면에서 확인합니다.
- 바퀴를 띄운 상태에서 먼저 시험합니다.
- 한 번에 한 곳만 바꿉니다.

부록 B. 더 보고 싶을 때

이 교재는 수업 핵심만 담았습니다. 더 깊이 하고 싶으면 아래 원래 문서를 보세요. 모두 [D:\data\study\AI\Fab-Lab\CAR\](#) 아래에 있습니다.

예전 교재 묶음(교재모음 · 종합 교재 · 배포 zip)은 [D:\data\study\AI\Fab-Lab\보관\예전교재_2026-10-13](#) 로 옮겼습니다. 프로그램 폴더 안의 README · 사용설명서는 그대로 있습니다.

알고 싶은 것	문서
부품 하나하나 · 3D 출력 파일	Program\auto_car\교재\단계1_프로젝트_부품.md
배선 순서 자세히	Program\auto_car\교재\단계2_회로_배선.md · Program\auto_car\docs\wiring_guide.md
펌웨어 올리기 (STA · AP)	Program\auto_car\검증_PHASE_AB_상세가이드.md
스마트폰으로 조종 (AP 펌웨어)	Program\auto_car\교재\단계3_스마트폰_조작.md
파이썬 코드를 직접 짜기 (단계 4~9)	Program\auto_car\교재\ · Program\auto_car\opencv\교재\
⑤ 심화 카드 자세히	Program\auto_car\advanced_lessons\교재\
차 없이 연습하는 주차 · 주행 게임	Program\게임\parallel_parking_2d\index.html (브라우저로 연다)
딤러닝 자율주행 (동키카)	Program\DonkeyCar\교재_DonkeyCar\DonkeyCar_학생교재.md
자동차 디지털 트윈	Program\digital_twin\사용법_교재.md
예전 교재 57권 전체 목록	D:\data\study\AI\Fab-Lab\보관\예전교재_2026-10-13\CAR\교재모음\index.html