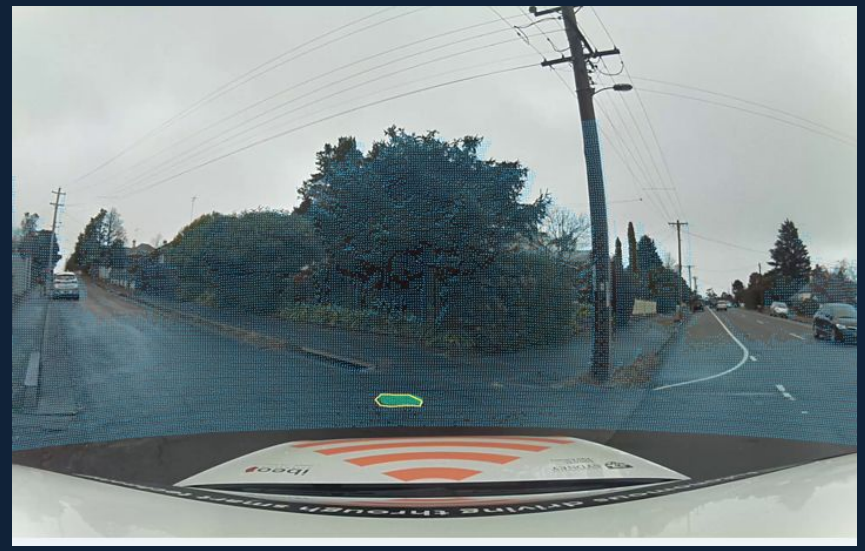
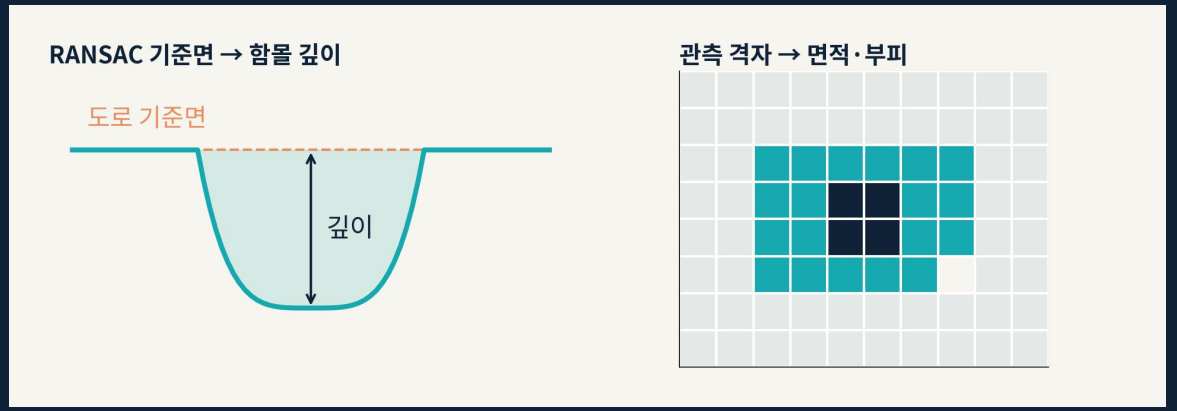
포트홀을 찾는 것에서
치수를 측정하는 것으로

영상 - 위치·경계 / LiDAR - 정량분석





알고리즘 동작 → 학습·실험 결과 → 향후 계획

전체 흐름

학습 모델과 직접 구현한 연결·측정 기능

RGB 영상 → **Mask R-CNN**
후보 위치·경계 → 영상 투영 → 후보 점군

LiDAR 스캔 → **KISS-ICP · Deskew** → 기준면 → 치수 → 단기 추적

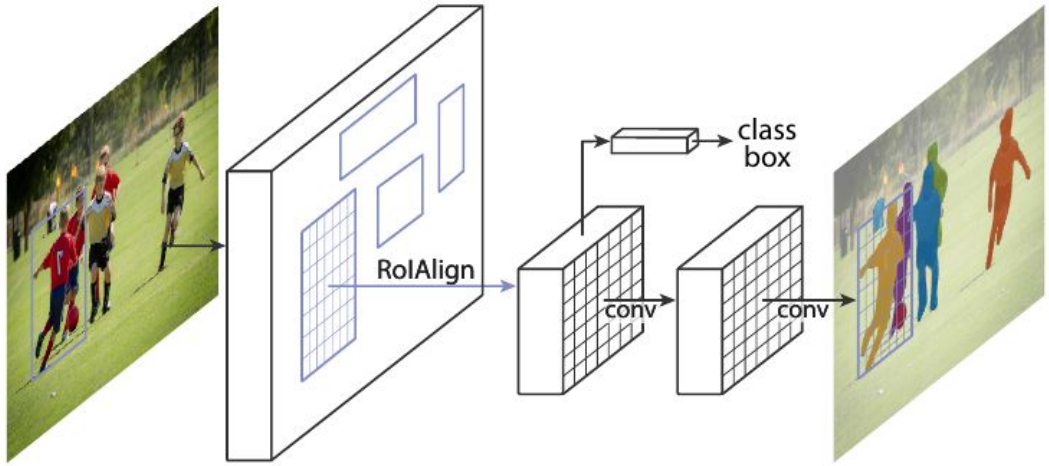
기존 알고리즘 활용 **Mask R-CNN · KISS-ICP**

직접 구현 주석 처리 · 투영 · 보정 · 누적 · 측정 · 추적

학습 기반 영상 탐지 + 기하 기반 점군 처리

Mask R-CNN

박스로 위치를 찾고, 마스크로 경계를 구한다.



01 **후보를 찾는다**

RPN: 후보 영역 제안

02 **영역 특징을 정렬한다**

RoIAlign: 위치 보존

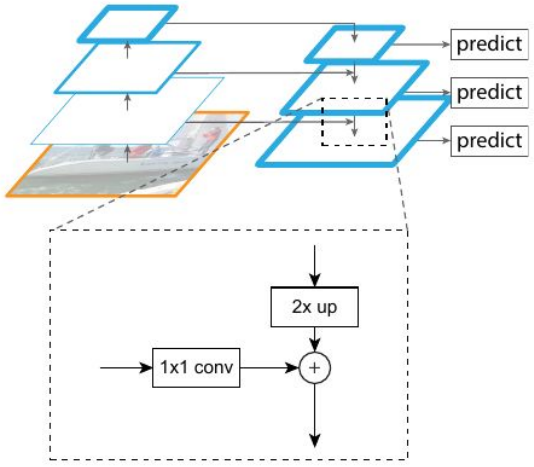
03 **박스와 마스크를 예측한다**

종류·위치 / 픽셀별 경계

적용: ResNet-50 FPN · 건조 / 물참 포트홀

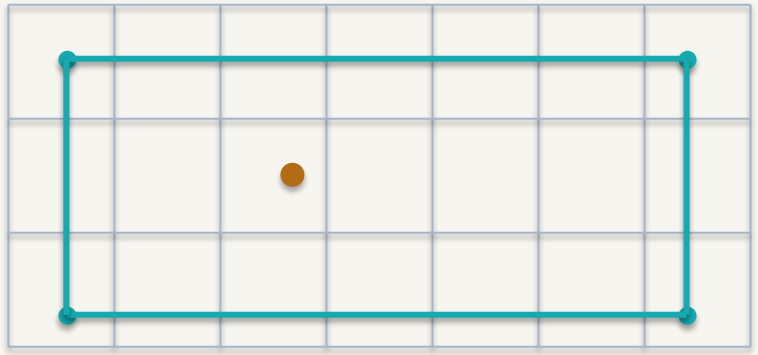
FPN과 RoIAlign

다중 해상도 특징 + 정확한 위치 정렬



FPN: 다중 해상도 특징

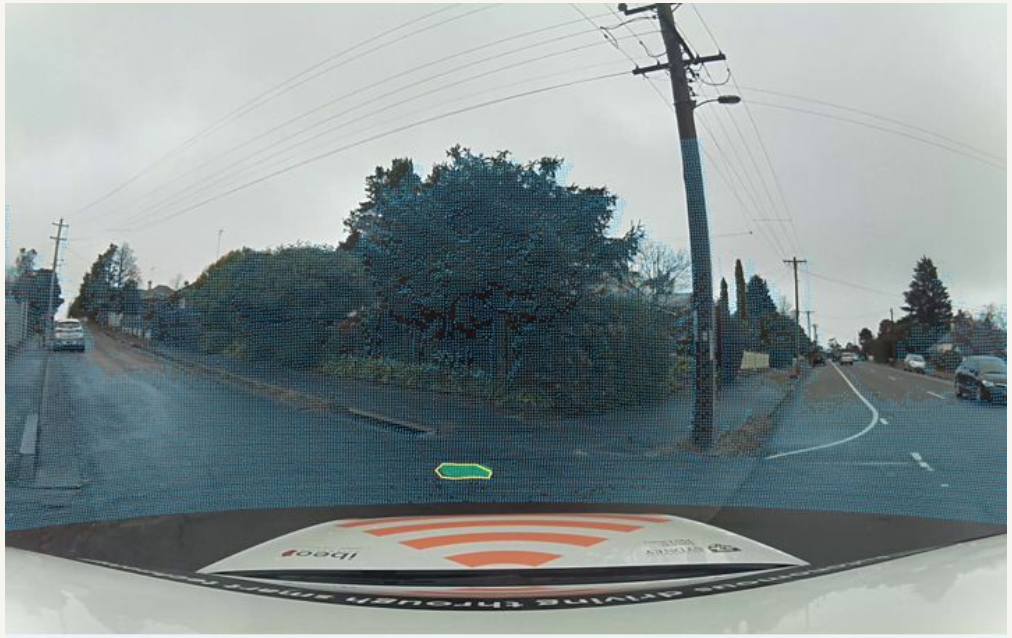
RoIAlign · 소수점 위치 보존



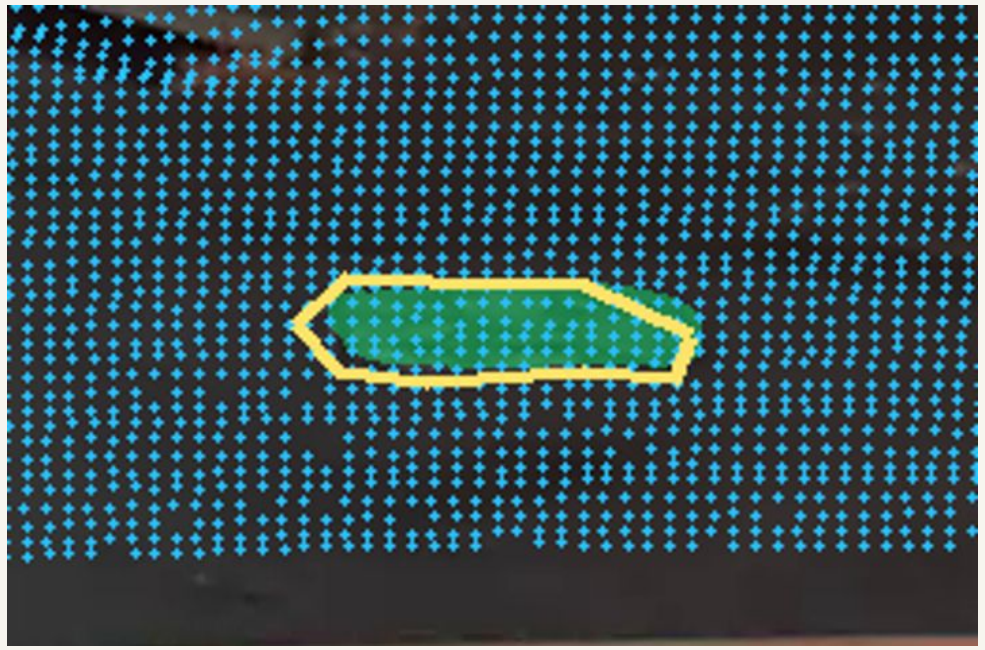
주변 특징값을 보간

영상–LiDAR 연결

센서 좌표 변환 → 픽셀 투영 → 마스크 확인



실제 영상 · camera_2518



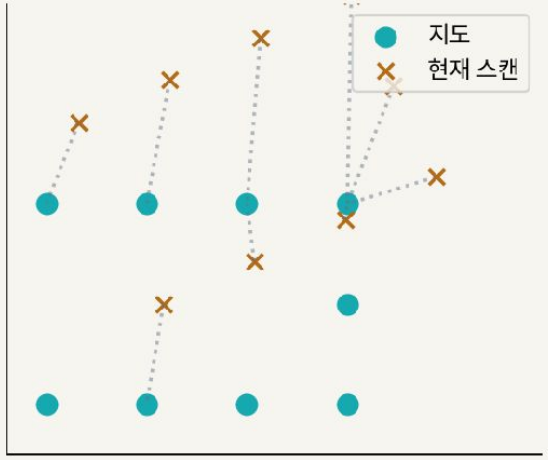
예측 마스크 안의 **LiDAR 79점**

보정 → 영상 투영 → 마스크 내부 선택

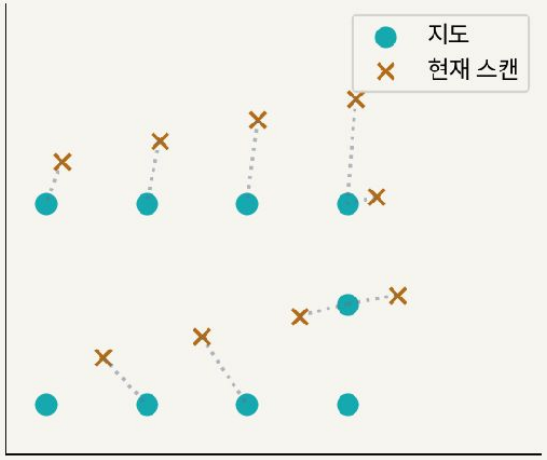
KISS-ICP

점 대응 → 회전·이동 → 반복 정렬

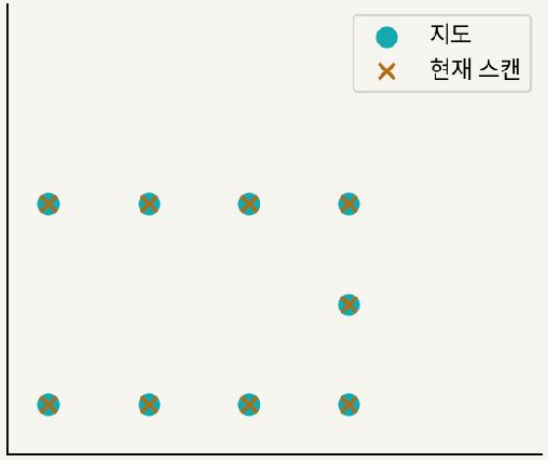
① 가까운 점을 대응



② 회전 · 이동으로 오차 감소

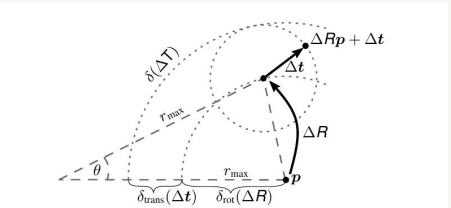


③ 대응을 갱신하며 반복



KISS의 보완: 적응적 대응 거리 + 강건 손실

원리 예시 · 측정 결과 아님

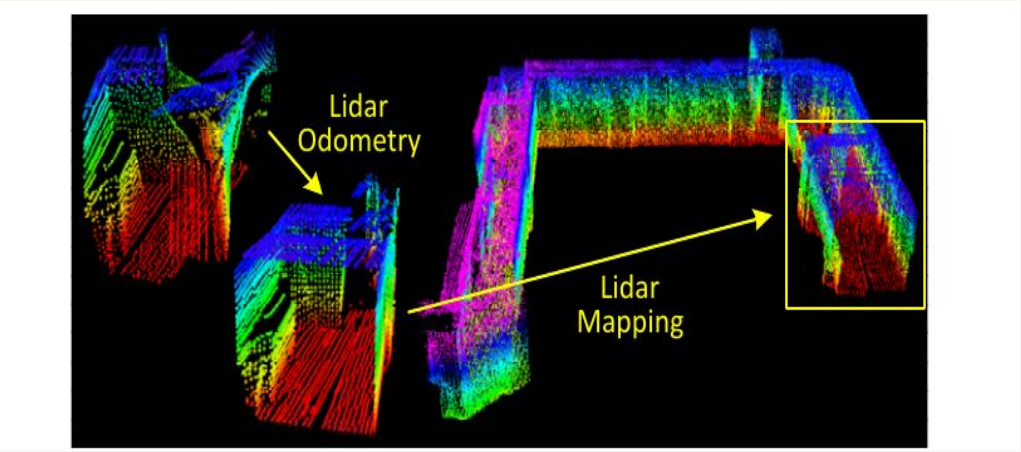


적용: KISS-ICP 연결 · 자세 조회·실패 처리

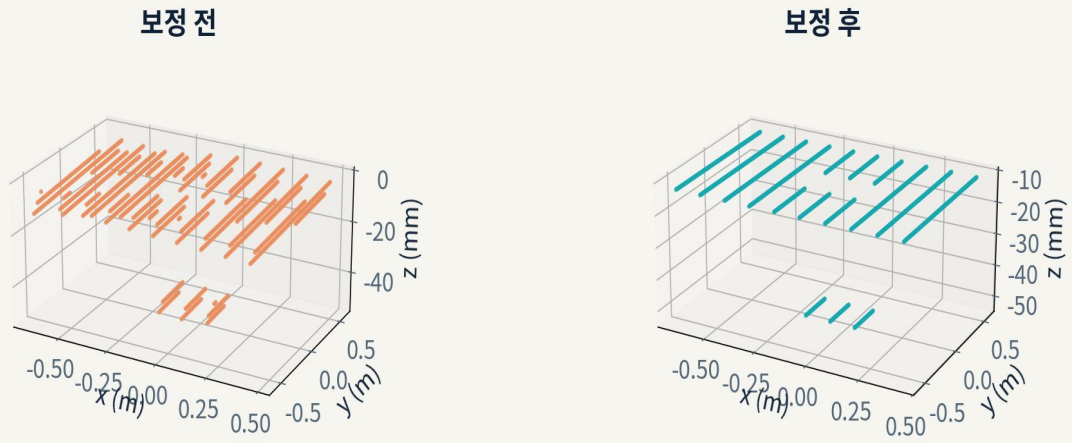
Deskew

측정 시각이 다른 점들을 같은 좌표계로 보정

논문: 움직임으로 휘어진 점군



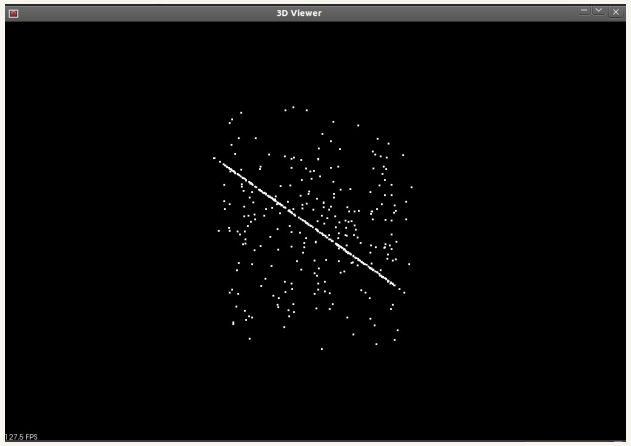
합성 입력: 보정 전후



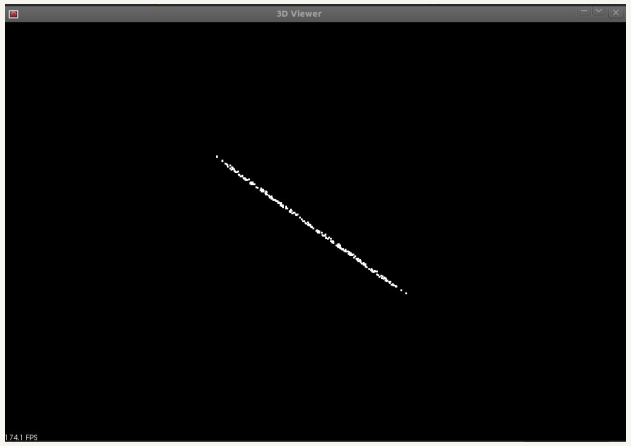
측정 시각 → 공통 좌표 → 기준 시각

RANSAC

주변 도로점이 가장 많이 지지하는 평면 선택



이상치가 섞인 점군



평면에 동의하는 점

01 **3점을 뽑아 평면 생성**

$z = ax + by + c$

02 **잔차가 작은 점을 센다**

평면에 동의하는 지지점

03 **최다 지지 평면을 재적합**

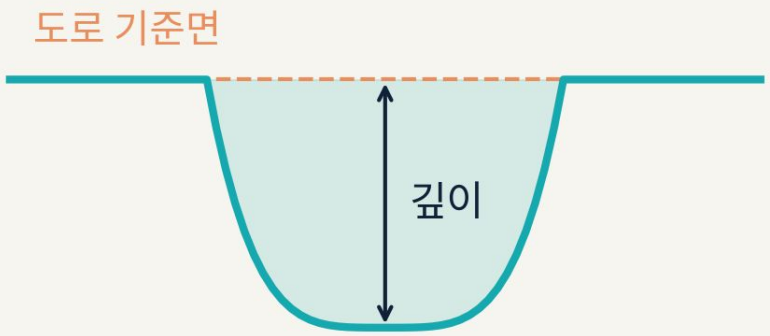
반복 → 지지점으로 최소제곱

적용: 주변 도로 기준면 · RANSAC 직접 구현

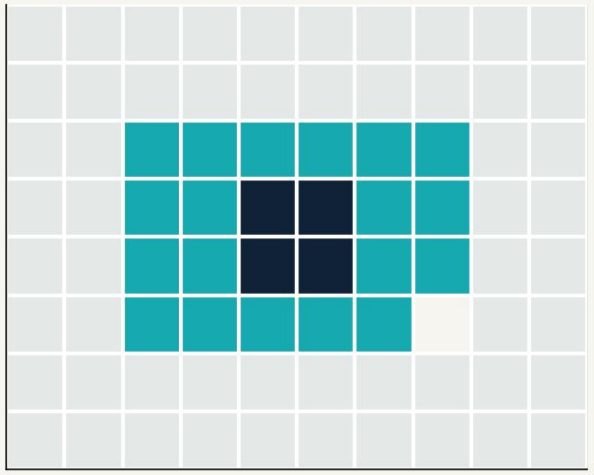
기준면과 관측 높이의 차이로 치수를 계산

깊이 격자 → 함몰 면적·관측 부피

RANSAC 기준면 → 함몰 깊이



관측 격자 → 면적·부피



깊이 = 기준면 높이 − 관측 높이

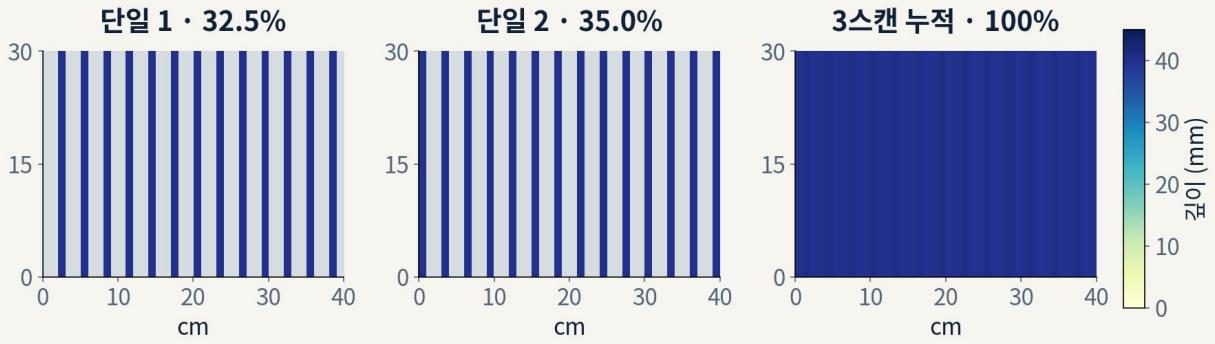
면적 = 함몰 셀 수 × 셀 면적

관측 부피 = Σ(관측 셀 깊이 × 셀 면적) | **미관측 칸 ≠ 깊이 0**

선택적 누적

과거 점을 정렬·누적하고 품질에 따라 선택

공통 좌표로 변환 → 과거 + 현재 후보 누적 → 관측률·잔차로 판정



합성 예시 · 시점 간 관측 공백 보완

품질에 따라 누적 / 단일 관측 / 보류

단기 추적

위치·시간으로 후보를 좁히고 형상·클래스로 비교



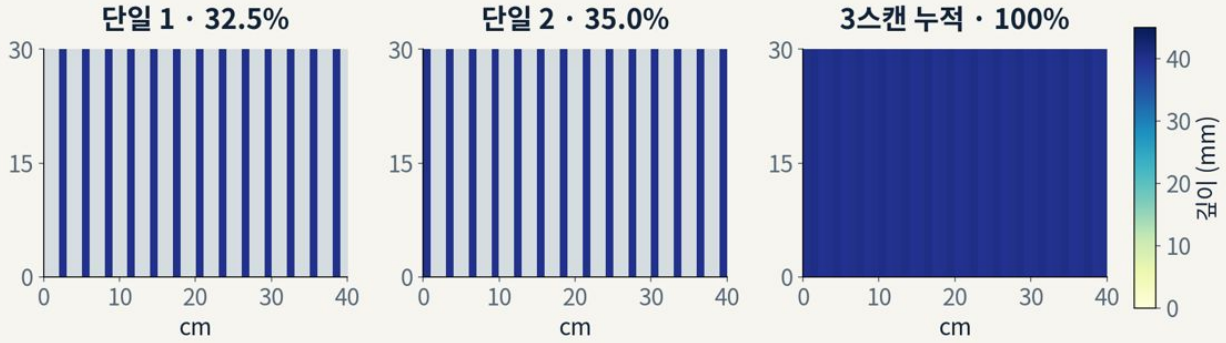
거리·시간 제한 → 유사도 비교 → ID 연결 후보

위치 · 형상 · 클래스 기반 점수

자체 규칙 기반 추적 · 현장 ID 정확도 미평가

합성 검증

KISS 자세 추정 / 정답 자세 기반 Deskew



알려진 형상: 4 cm · 4.8 L

KISS 자세 추정 · 7스캔

40.52 mm / 4.7997 L

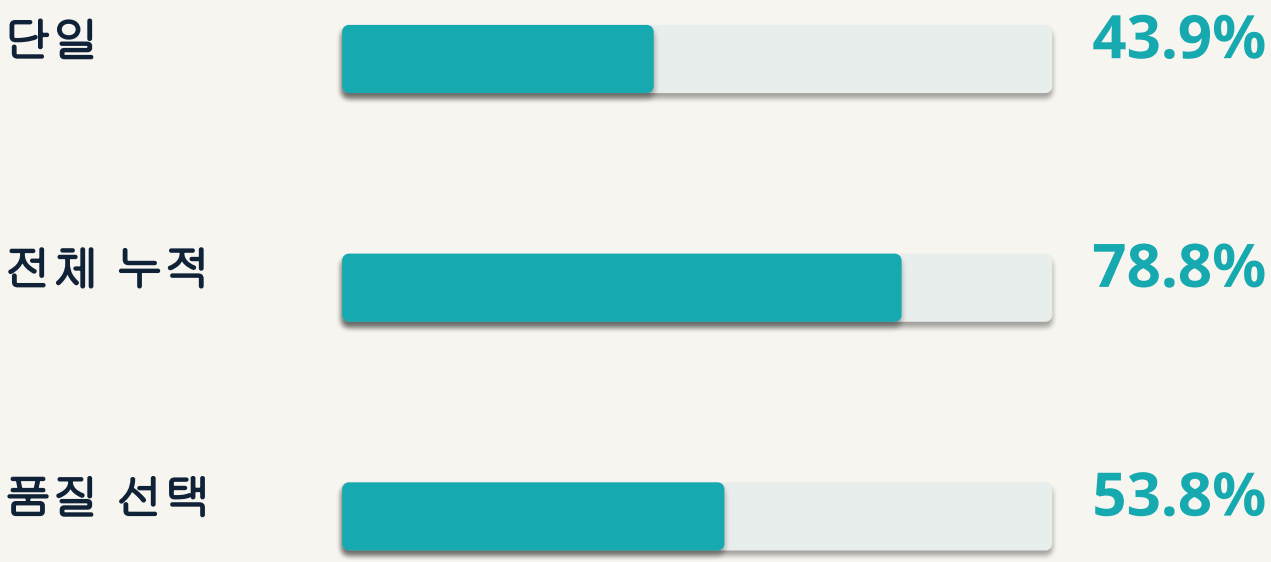
정답 자세 입력 · 3스캔

40.00 mm / 4.8000 L

누적에서 관측률과 품질

관측률 증가와 표면 품질은 별도로 확인

관측률



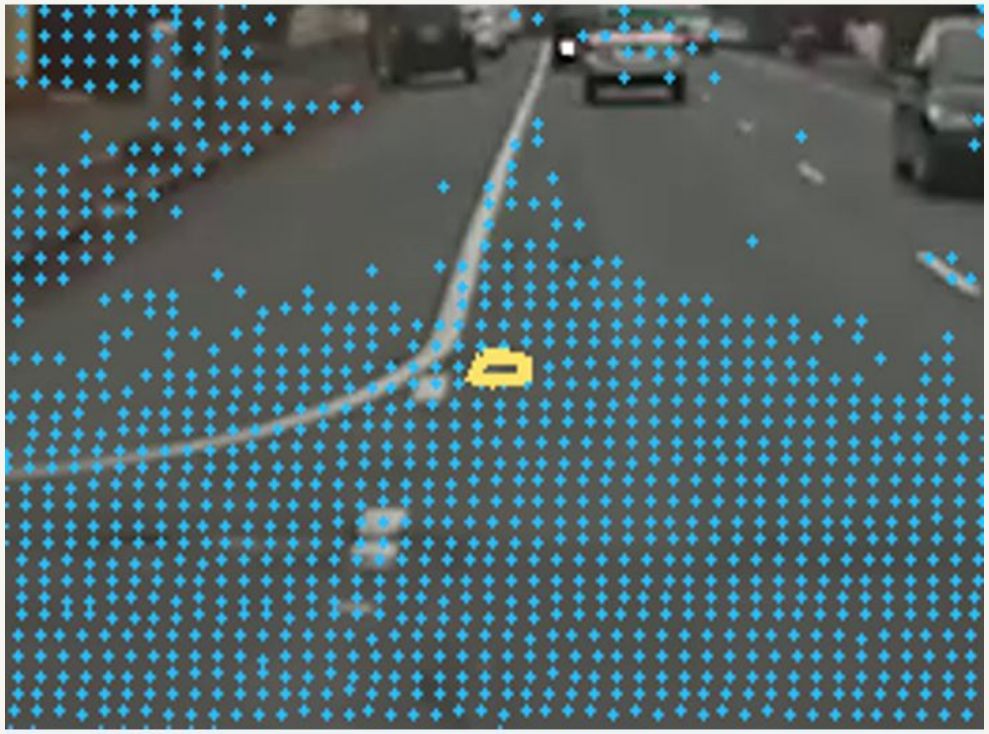
평가 잔차 악화

전체 누적: 34 / 40
품질 선택: 7 / 10

관측 증가가
표면 품질을 보장하지 않음

탐지 : 누락·오탐과 정상 도로 평가

개발 검증 결과와 현장 일반화를 구분



M2S 연결 영역 평가

TP 66 / FN 144 / FP 153

검증 159장 · 정답 객체 210개

추가 과제
작은 대상 · 물참 · 정상 도로 평가

NEXT STEPS

향후 계획

센서 입력 확인 · 독립 실측 확보 · 평가 자료 분리

센서 입력

단위·축·점별 시각

보정 적용성 확인

치수 정답

깊이·면적·부피 실측

독립 정답과 오차 비교

평가 분리

정상 도로·다른 장소

개발 장면과 분리