

관측 및 예보 분과 [P-114]

드론 탑재 기상센서의 통계적 정확도 검증

김유진, 김현욱, 장유경, 김선정, 현지연, 임병환

국립기상과학원 예보연구부

최근 무인항공기(UAV, 드론)를 활용한 기상관측은 지상 관측망의 한계를 보완하고, 고해상도 연직 기상자료를 제공할 수 있는 새로운 수단으로 주목받고 있다(Bärfuss et al., 2023; Inoue et al., 2025). 특히 해외에서는 드론 관측 자료를 활용하여 대기의 연직 구조를 분석한 연구가 다수 수행되어 왔으나(Laukys et al., 2023; Hassnae et al., 2024; Shelekhov et al., 2022), 국내에서는 이러한 연구가 아직 미비한 실정이다. 따라서 드론 관측 자료가 기상 변수별 정확도와 표준 검·보정 기준에 비추어 볼 때, 대기의 연직 구조 분석에 활용 가능한 신뢰성을 확보하고 있는지에 대한 체계적 검증이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 목적을 달성하기 위해 2025년 6월 17일~19일 보성 표준기상관측소에서 수행된 드론 비행 관측을 활용하여, 드론에 탑재한 WXT536 (Vaisala사), Li-560 (TriSonica사), iMet-XQ2 (InterMet사) 센서의 성능을 상호 비교하였다. 검증 기준 자료로는 보성 종합기상탑 관측값을 사용하였다.

분석 대상 기상요소는 풍향, 풍속, 기온, 습도이며, 정지비행(비행고도: 10m) 및 연직비행(비행고도: 0~300m, 상승·하강 구간) 자료를 대상으로 수행하였다. 평가 지표로는 RMSE, BIAS, 상관계수(CORR), MAE를 사용하였으며, 편향 보정(bias correction) 적용 전·후 성능 개선 효과를 함께 분석하였다.

정지·연직비행에 대한 통계적 분석 결과, WXT536은 전 구간에서 가장 안정적이고 신뢰성 있는 성능을 보였으며, 대부분의 기상 요소에서 절대 오차가 가장 작았다. 편향 보정 후 RMSE는 20~70%까지 개선되었다. Li-560은 원자료에서 큰 오차를 보였으나, 보정 적용 시 풍속(39~49%), 풍향(19~36%), 기온(90% 이상)에서 개선되었으며, 보조 센서로 제한적 활용 가능성이 확인되었다. 반면 iMet-XQ2는 정량 분석에는 부적합하였다. 기온은 보정 후 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 내외로 개선되었으나, 습도 RMSE는 정지비행(약 9%), 상승(6.5%), 하강(8%)에서 여전히 큰 편차를 보였다. 이는 센서 노후화와 반응속도 지연에 따른 성능 저하일 가능성이 있으며, 장기간 활용 시 주기적 점검·보정·검사, 또는 교체의 필요성이 제기된다.

본 연구는 드론 기반 정지·연직 관측에서 풍향, 풍속, 기온, 습도를 대상으로 센서별 성능을 정량적으로 검증한 사례로서, 향후 드론 기상관측망 구축 및 수치예보모델 자료동화(data assimilation) 활용에 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords: 드론, 보성 종합기상탑, 편향 보정, 센서 성능 비교, 통계 분석

※ 이 연구는 <기상업무지원기술개발연구> 사업의 “재해기상 목표관측·분석·활용기술 개발”(과제번호:KMA2018-00123) 과제 지원으로 수행되었습니다.