

## Interaction of Convective Organisation with Monsoon Precipitation, Atmosphere, Surface and Sea: the 2016 INCOMPASS field campaign in India.

A.G. Turner, G.S. Bhat, G.M. Martin, D.J. Parker, C.M. Taylor, A.K. Mitra, S.N. Tripathi, S. Milton, E.N. Rajagopal, J.G. Evans, R. Morrison, S. Pattnaik, M. Sekhar B.K. Bhattacharya, R. Madan, Mrudula Govindankutty, J.K. Fletcher, P.D. Willetts, A. Menon, J.H. Marsham, the INCOMPASS team, K.M.R. Hunt, T. Chakraborty, G. George, M. Krishnan, C. Sarangi, D. Belušić, L. Garcia-Carreras, M. Brooks, S. Webster, J.K. Brooke, C. Fox, R.C. Harlow, J.M. Langridge, A. Jayakumar, S.J. Böing, O. Halliday, J. Bowles, J. Kent, D. O'Sullivan, A. Wilson, C. Woods, S. Rogers, R. Smout-Day, D. Tiddeman, D. Desai, R. Nigam, S. Paleri, A. Sattar M. Smith, D. Anderson, S. Bauguitte, R. Carling, C. Chan, S. Devereau, G. Gratton, D. MacLeod, G. Nott, M. Pickering, H. Price, S. Rastall, C. Reed, J. Trembath, A. Woolley, A. Volonté, and B. New

मानसून वर्षा, वायुमंडल, सतह और समुद्र के साथ संवहनी संगठन की बातचीत: भारत में  
**2016 INCOMPASS क्षेत्र अभियान।**

ए.जी. टर्नर, जी.एस. भट, जी.एम. मार्टिन, डी.जे. पार्कर, सी.एम. टेलर, ए.के. मित्रा, एस.एन. त्रिपाठी, एस. मिल्टन, ई.एन. राजगोपाल, जे.जी. इवांस, आर. मॉरिसन, एस. पटनायक, एम. शेखर बी.के. भट्टाचार्य, आर. मदन, मृदुला गोविंदनकुट्टी, जे.के. फ्लेचर, पी.डी. विलेट्स, ए. मेनन, जे.एच. मार्शम, इनकंपास टीम, के.एम.आर. हंट, टी. चक्रवर्ती, जी. जॉर्ज, एम. कृष्णन, सी. सारंगी, डी. बेलुसिक, एल. गार्सिया-कैरेरेस, एम. ब्रूक्स, एस. वेबस्टर, जे.के. ब्रुक, सी. फॉक्स, आर.सी. हाल्लो, जे.एम. लैंग्रिज, ए. जयकुमार, एस.जे. बोइंग, ओ. हॉलिडे, जे. बाउल्स, जे. केंट, डी. ओ' सुल्लीवन, ए. विल्सन, सी. बुड्स, एस. रोजर्स, आर. स्माउट-डे, डी. टिडमैन, डी. देसाई, आर. निगम, एस. पलेरी, ए. सत्तार एम. स्मिथ, डी. एंडरसन, एस. बौगुइट, आर. कार्लिंग, सी. चैन, एस. देवेरू, जी. ग्राटन, डी. मैकिलोड, जी. नाट, एम. पिकरिंग, एच. प्राइस, एस. रैस्टल, सी. रीड, जे. त्रेमबाथ, ए. वूली, ए. वोलोटे, और बी. न्यू

### सार:

INCOMPASS फील्ड अभियान 2016 के भारतीय मानसून के हवाई और जमीनी माप को जोड़ती है, जो मानसूनी वर्षा की बेहतर भविष्यवाणी करने के अंतिम लक्ष्य की ओर है। मानसून दक्षिण एशिया में अधिकांश पानी की आपूर्ति करता है, लेकिन कुछ दिनों से लेकर आने वाले मौसम तक का पूर्वानुमान मॉडल पैरामीट्रिजेशन में बड़ी, तेजी से विकसित होने वाली त्रुटियों से सीमित है। विस्तृत अवलोकनों की कमी मानसून परिसंचरण और भूमि की सतह के साथ इसकी बातचीत की पूरी तरह से समझ को रोकती है: सीमा-परत और संवहनी-बादल गतिशीलता द्वारा शासित एक प्रक्रिया। INCOMPASS ने भारत में इस पैमाने की पहली परियोजना के लिए एयरबोर्न एटमोस्फेरिक मेजरमेंट (FAAM) BAe-146 एयरक्राफ्ट के लिए यूके फैसिलिटी का इस्तेमाल जून और जुलाई 2016 में लगभग 100 घंटे के अवलोकन के लिए किया। उत्तरी मैदानों में लखनऊ से उड़ानों ने पश्चिम में शुष्क रेगिस्तानी हवा और बंगाल की उत्तरी खाड़ी में आर्द्र वातावरण के बीच सतह और सीमा-परत संरचनाओं में नाटकीय विपरीतता का नमूना लिया। इन उड़ानों को प्री-मानसून और मानसून की स्थिति में दोहराया गया था। दक्षिणी भारत में बेंगलुरु में एक दूसरे बेस से उड़ानों ने अरब सागर से पश्चिमी घाट पहाड़ों पर, दक्षिण-पूर्व भारत की वर्षा छाया और बंगाल की दक्षिण खाड़ी में वायुमंडलीय विरोधाभासों को मापा। मौसम कार्यालय और भारत के रा०म०अ०मौ०पू०के० में चार किमी संवहन-अनुमति सीमित क्षेत्र के मॉडल से पूर्वानुमान द्वारा उड़ान योजना की सहायता की गई थी। जमीन पर, INCOMPASS ने सतही फ्लक्स के विस्तृत माप और दैनिक और मौसमी चक्रों द्वारा उनके मॉड्यूलेशन प्रदान करने के लिए, सतह के प्रकारों की एक श्रृंखला पर एडी-सहसंयोजक फ्लक्स टावर स्थापित किए। इन आंकड़ों का उपयोग भूमि की सतह पर वातावरण के

प्रभावों को बेहतर ढंग से मापने के लिए किया जाएगा, और इसके विपरीत। INCOMPASS ने कानपुर और भुवनेश्वर में ग्राउंड इंस्ट्रुमेंटेशन सुपरसाइट्स भी स्थापित किए। यहां हम INCOMPASS क्षेत्र अभियान को प्रेरित और वर्णन करते हैं। वायुमंडलीय संरचना में विरोधाभासों को स्पष्ट करने के लिए हम दो उड़ानों के उदाहरणों का उपयोग करते हैं, विशेष रूप से मानसून की शुरुआत के दौरान पीछे हटने वाले मध्य-स्तर के शुष्क घुसपैठा।

**Abstract:**

The INCOMPASS field campaign combines airborne and ground measurements of the 2016 Indian monsoon, towards the ultimate goal of better predicting monsoon rainfall. The monsoon supplies the majority of water in South Asia, but forecasting from days to the season ahead is limited by large, rapidly developing errors in model parametrizations. The lack of detailed observations prevents thorough understanding of the monsoon circulation and its interaction with the land surface: a process governed by boundary-layer and convective-cloud dynamics. INCOMPASS used the UK Facility for Airborne Atmospheric Measurements (FAAM) BAe-146 aircraft for the first project of this scale in India, to accrue almost 100 h of observations in June and July 2016. Flights from Lucknow in the northern plains sampled the dramatic contrast in surface and boundary-layer structures between dry desert air in the west and the humid environment over the northern Bay of Bengal. These flights were repeated in pre-monsoon and monsoon conditions. Flights from a second base at Bengaluru in southern India measured atmospheric contrasts from the Arabian Sea, over the Western Ghats mountains, to the rain shadow of southeast India and the south Bay of Bengal. Flight planning was aided by forecasts from bespoke 4 km convection-permitting limited-area models at the Met Office and India's NCMRWF. On the ground, INCOMPASS installed eddy-covariance flux towers on a range of surface types, to provide detailed measurements of surface fluxes and their modulation by diurnal and seasonal cycles. These data will be used to better quantify the impacts of the atmosphere on the land surface, and vice versa. INCOMPASS also installed ground instrumentation supersites at Kanpur and Bhubaneswar. Here we motivate and describe the INCOMPASS field campaign. We use examples from two flights to illustrate contrasts in atmospheric structure, in particular the retreating mid-level dry intrusion during the monsoon onset.

**Keywords:** Field campaign, INCOMPASS, Indian monsoon, observations, surface fluxes, systematic model bias, tropical convection.