

TRAVEL REPORT FORM

출장보고서

결 재	연구원	팀장	부서장	원장직무 대행
	10/05 이현주	10/08 이우섭	10/09 유진호	10/09 유진호
협 조	팀장			
	10/07 문자연			

I. Travel Overview 출장개요

1. Traveler(s) 출장자

Department 소속	Position 직위(직급)	Name 성명	Note 비고
기후사업본부 예측기술팀	선임연구원	이윤영	
기후사업본부 예측기술팀	선임연구원	오지현	
기후사업본부 기후분석팀	연구원	이현주	

2. Travel Period 출장기간

- 출장기간 : 2018년9월16일-24일, 학회기간: 2018년9월17일-21일 (5일간)

3. Occasion and destination 행사 및 출장지

- 학회명 : International Conferences on Subseasonal to Decadal Prediction
(학회홈페이지) <https://www.wcrp-climate.org/s2s-s2d-2018-home>
- 장 소 : NCAR, Boulder, CO, USA

II. Major Activities 주요업무 수행내용

1. Main Contents and Activities 주요내용 및 활동

가. 개요

- 본 워크숍은 계절내에서 수십년 규모의 예측 및 관련 연구, 개발 뿐만 아니라 응용분야의 연구자 및 정책 결정자와 같은 예측정보의 최종수요자들이 한자리에 모여 그동안의 연구 성과와 지식을 공유하고자 마련된 자리로 워크숍의 주요 키워드는 “이음새없는(Seamless)”, “융합(Integrative)” 이라 할 수 있음.
- 특히, 2013년 출범한 S2S (Subseasonal to Seasonal) 예측 프로젝트 (<https://www.wcrp-climate.org/s2s-overview>)를 계기로 각국 모형들에 대한 기술적 평가를 통해 예측의 불모지로 알려져 있는 S2S 시간 규모의 예측을 개선하고 활용하려는 다양한 시도들이 활발하게 이루어져 왔고, 약 5년간의 연구 성과 및 현재의 상황을 학습할 수 있었

음.

- 전세계 38개국의 예측현업 기관 및 학교, 연구기관에서 약 347명의 연구자가 참석하였으며, 144편의 구두발표와 224편의 포스터 발표가 진행됨.
- 본 워크숍은 크게 S2S와 S2D 두 세션으로 S2S 세션의 세부 주제는 다음과 같음.

- 1) Mechanisms of S2S predictability
- 2) Modelling issues in S2S prediction
- 3) S2S ensemble predictions and forecast information
- 4) S2S forecasts for decision making
- 5) Land initialization and processes
- 6) Ocean initialization and processes
- 7) Aerosols & Stratosphere
- 8) Time scale interaction

나. 주요 업무 수행 사항

○ APEC 기후센터 출장자 발표 세션 및 발표 제목

- 발표 일자 : 9/18 (화)

발표자	세션	제목	비고
이윤영	B3 - S2D ensemble predictions and forecast information	Representation of NAO/PNA activity reliant on ENSO phase in dynamical seasonal prediction models	[붙임1]
오지현	A3 - S2S ensemble predictions and forecast information	Assessing multi-model subseasonal prediction of winter blocking in East Asia	[붙임2]
이현주	A3 - S2S ensemble predictions and forecast information	Skill assessment of Seasonal forecast for temperature and precipitation extremes based on APCC Multimodel Ensemble	[붙임3]

○ S2S/S2D 주요 연구 성과 및 진행 사항 파악

※ [붙임4] 국외출장보고서 참조

2. Relevance to APEC Climate Center's Activities 결론 및 소감

- 전반적인 분위기가 현S2S 모델의 예측 성능 좋지 않음을 인지하는 분위기였으나, 예측 가능성의 창을 찾기 위한 다양한 시도들이 진행되고 있었음.
- 센터 내 S2S 과제 수행 결과 동아시아지역의 예측성이 매우 낮으나, 그럼에도 불구하고 S2S 시간 규모 예측의 활용 및 현업화가 요구됨. 본 학회에서 conditional predictability 혹은 regime-dependent predictability 관련 다양한 연구들을 접할 수 있었고, 따라서 차년도 과제에서는 이러한 개념을 활용하여 동아시아 S2S 규모 예측 성능 개선 가능성을 타진해 보고자 함
- 2016년 개최된 S2S SG/LG meeting에서 발표하던 연구진들의 초기 과제 내용이 진행되어 가는 과정을 확인할 수 있는 유익한 시간이었음. 지속적인 참석을 통해 연구동향을 파악하고community에서 당면하고 있는 주요 현안을 파악하는 것이 중요할 것으로 생각됨. 이를 통해APCC가 추구해야 할 방향을 재정비하고 새로운 연구과제를 발굴하는데 많은 도움이 될 수 있음
- ECMWF 등은 학회기간 동안 2019년 ECMWF에서 개최될 예정인 Annual Seminar 등을 홍보하는 유인물을 배치하여 기관 홍보와 함께 학회 참석을 독려하였음. APCC도 국외 학회에서 간단한 연구사례집이나 유인물을 배포하여 APCC의 홍보 활동 강화가 필요할 것으로 보임
- 또한 학회 개최 시, 참석현황을 소개하며 젊은 과학자(26%) 및 여성과학자(40%)의 참여 비중을 제

시하는 점이 인상 깊었음. 후진 양성에 힘쓰며 과학계의 양성평등을 이끌어내려는 노력의 일환이라고 생각됨.

3. Suggestions and Remarks 건의사항

- 도서구입 요청 (2018년 10월 19일 발간 예정)

Title : Sub-seasonal to Seasonal Prediction

Editors: Andrew Robertson, Frederic Vitart

Paperback ISBN: 9780128117149

III. References (Presented and Collected Materials) 주요 수집자료

(with attachment of any information or report in case of attendance of conferences, workshops and meetings) 학술대회, 워크숍, 회의 등 참석 시 관련 정보 및 문서 첨부

I. Travel Overview 출장개요-

1.Traveler(s) 출장자

Department 소속	Position직위(직급)	Name성명	Note 비고
기후사업본부 예측기술팀	선임연구원	이윤영	
기후사업본부 예측기술팀	선임연구원	오지현	
기후사업본부 기후분석팀	연구원	이현주	

2.Travel Period 출장기간

- 출장기간 : 2018년9월16일-24일, 학회기간: 2018년9월17일-21일 (5일간)

3.Occasion and destination 행사 및 출장지

- 학회명 : International Conferences on Subseasonal to Decadal Prediction
(학회홈페이지) <https://www.wcrp-climate.org/s2s-s2d-2018-home>
- 장 소 : NCAR, Boulder, CO, USA

II. Major Activities 주요업무수행내용

1.Main Contents and Activities 주요내용 및 활동



가. 개요

- 본 워크숍은 계절내에서 수십년 규모의 예측 및 관련 연구, 개발 뿐만 아니라 응용분야의 연구자 및 정책 결정자와 같은 예측정보의 최종수요자들이 한자리에 모여 그동안의 연구 성과와 지식을 공유하고자 마련된 자리로 워크숍의 주요 키워드는 “이음새없는(Seamless)”, “융합(Integrative)” 이라 할 수 있음.
- 특히, 2013년 출범한 S2S (Subseasonal to Seasonal) 예측 프로젝트 (<https://www.wcrp-climate.org/s2s-overview>)를 계기로 각국 모형들에 대한 기술적 평가를 통해 예측의 불모지로 알려져 있는 S2S 시간 규모의 예측을 개선하고 활용하려는 다양한 시도들이 활발하게 이루어져 왔고, 약 5년간의 연구 성과 및 현재의 상황을 학습할 수 있었음.

- 전세계 38개국의 예측현업 기관 및 학교, 연구기관에서 약 347명의 연구자가 참석하였으며, 144편의 구두발표와 224편의 포스터 발표가 진행됨.
- 본 워크숍은 크게 S2S와 S2D 두 세션으로 S2S 세션의 세부 주제는 다음과 같음.
 - 1) Mechanisms of S2S predictability
 - 2) Modelling issues in S2S prediction
 - 3) S2S ensemble predictions and forecast information
 - 4) S2S forecasts for decision making
 - 5) Land initialization and processes
 - 6) Ocean initialization and processes
 - 7) Aerosols & Stratosphere
 - 8) Time scale interaction

나. 주요 업무 수행 사항

- APEC 기후센터 출장자 발표 세션 및 발표 제목
 - 발표 일자 : 9/18 (화)

발표자	세션	제목	비고
이윤영	B3 -S2D ensemble predictions and forecast information	Representation of NAO/PNA activity reliant on ENSO phase in dynamical seasonal prediction models	[첨부1]
오지현	A3 - S2S ensemble predictions and forecast information	Assessing multi-model subseasonal prediction of winter blocking in East Asia	[첨부2]
이현주	A3 - S2S ensemble predictions and forecast information	Skill assessment of Seasonal forecast for temperature and precipitation extremes based on APCC Multimodel Ensemble	[첨부3]

- S2S/S2D 주요 연구 성과 및 진행 사항 파악

① General overview of current status of S2S/S2D prediction and its challenge

번호	주요 내용
1	• 주 제 : NOAA MAPP – Subseasonal to seasonal science and predictions initiatives of the NOAA MAPP Program • 연구자 : Annarita Mariotti • 주요내용 - 모델의 해상도, 물리과정, forecast setup, 다중모델 전략 등을 주요 골자로 한 과제를 수행 - MJO와 성층권QBO에 따른 하늘의 강(Atmospheric river)의 예측성 연구 수행 - MJO/ENSO status에 따른week 3-4의 기온, 강수 예측성능 평가 과제가 수행 중에 있으며, MJO/ENSO status와 기온, 강수와의 상관성을 고려한 새로운 통계 tool을 개발하여 테스트를 완료하였으며, 이를 이용한 3-4주 Outlook를 제공하고 있음
2	• 주 제 : S2S – Project achievements and future plans • 연구자 : Annarita Mariotti • 주요내용 - Euro-Atlantic sector에서의MJO 원격 상관이S2S 모형들에서 매우 약하게 모의하는 등 꾸준한 개선이 요구됨

	- 2019년 시작되는 S2S 과제의2단계 후속 사업은 데이터 베이스 확충은 물론이고, 역학과정에 기반한 연구 활동 및 응용분야 및 현업 인프라에 대한 지원으로 확대될 것임 (2단계Key topic: MJO teleconnection, ocean initialization system, land initialization, aerosols, ensemble generation, stratosphere - S2S 규모에서의 예측 및 검증에 대한 공식적인 표준이 존재하지 않기에 이에 대한 연구 필요성을 제시하였고, 현재 센터에서 수행중인S2S 팀 과제의 시의 적절함과 중요도를 확인할 수 있었음
3	• 주 제 : Filling the research-operations gap “Research Needs for advancing operational S2D forecasting infrastructure • 연구자 : Arun Kumar • 주요내용 - S2S 규모의 예측이 전반적으로 낮은 수준의 성능을 보이나, 특정 기후/대기 상태에서의 예측 능력 향상을 연구하고 이것을 현업적으로 활용하여 S2S규모의 예측 및 연구의 기회를 모색해야 함 - 해양의 관측 시스템의 발전에도 불구하고 ENSO 예측 성능이 이에 비례해서 증가하지 않는 것은 모델이 관측정보를 받아들이는데 한계가 있음을 시사함 - S2D의 현업 예측에 있어서 S2D 예측 시스템의 configuration, 확률 예측 개발 및 정보 전달 방식, 검증 등의 여전히 많은 이슈가 존재함 - 모델 성능의 영향을 주는 인자가 무엇인지, lagged 혹은burst ensemble generation 방법 중 어느 기법이 더 나은지, hindcast의 적정 기간은 무엇인지 또한 여전히 해결해야 할 숙제임
4	• 주 제 : Connecting prediction information to application • 연구자 : Lisa Goddard • 주요내용 - 다양한 시간 규모에서의 예측정보 활용 사의 현재 IRI에서 수행중인 또는 수행된 다양한 시간 규모/분야에서의 예측 정보 활용 사업 등을 소개 (계절/경년변동) 필리핀:Food Security preparedness, 에티오피아:수자원/수력 (계절내) 콜롬비아:수자원/수력, 인도:농업 (계절/수십년규모변동) 남아프리카:수자원 - 십년예측에서 예측성을 전혀 찾을 수 없는 지역에서는 stochastic 실험의 필요함 - 예측성이 낮은 지역에 Stochastic 방법을 적용한다면 계절 예측 서비스를 개선할 수 있을 것으로 판단됨

② Mechanisms of S2S predictability

번호	주요 내용
1	• 주 제 : Predicting the dominant patterns of subseasonal variability of wintertime surface air temperature in extratropical Northern Hemisphere • 연구자 : Lin, Hai • 주요내용 - 계절내 규모에서 surface air temperature의 EOF 분석 결과, 북서미대륙과

	아시아 대륙에서 강한 변동성분이 확인되고, 시계열 분석 결과 북서미대륙의 패턴이 아시아 패턴을 10일 정도 리드하는 것으로 나타남 - 아시아 대륙의 변동성분은 강한 자기 상관성을 보이고, 그 원격 상관 역시 발생 후 15일까지 매우 길게 유지됨 - 초기장에서 강한 MJO 시그널이 있을 때 위의 두 변동성분의 예측 스킬이 높게 나타나는데, 이는 다른 연구 결과들과 일관됨 - 계절내 MME 과제와 동일한 모델을 사용하였으나, 5일 평균자료로 변환하여 사용
2	• 주 제 : Subseasonal predictability of precipitation and temperature over North America and relationships with teleconnection patterns • 연구자 : Andrew W. Robertson • 주요내용 - ECMWF와 NCEP S2S 예측자료를 이용하여 기온 및 강수의 예측력을 비교 분석한 결과 ECMWF가 NCEP보다 3-4주 예측력이 약간 높은 것으로 나타남 - 겨울철 3-4주 예측력은 강한 ENSO, PNA, TNH 그리고 AO phase에서 높음 - 동아시아지역 계절내 규모의 기온 및 강수의 예측력과 관련된 Teleconnection pattern을 찾고 이를 활용한다면 동아시아 지역 계절내 규모 예측에 향상을 기대할 수 있을 것임

③ Modelling issues in S2S prediction

번호	주요 내용
1	• 주 제 : The art and science in sub-seasonal forecast system design • 연구자 : Takaya, Yuhei • 주요내용 - JMA 계절 예측의 경우, 앙상블 생성시 대기 모델에 perturbation을 준 후, ocean model에 적용 시킴 - JMA 앙상블 스프레드 실험은 크게 효과를 보지 못함. - Heat flux 불균형에 의한 계절내 예측 Initialization shock 존재 - 앙상블 생성에 있어 자료동화가 함께 수반되어야 함 - Double precision을 single precision으로 하면 자료 size를 줄이면서 ensemble size를 늘릴 수 있음
2	• 주 제 : Initialisation and model error simulation in the ECMWF coupled ensembles • 연구자 : Buizza, Roberto • 주요내용 - 세계 최고 예측성능을 자랑하는 ECMWF의 자료동화, 중기/월예보, 계절 예보, 해양 예보에서의 앙상블 생성 과정에 대한 소개 - 초기장의 불확실성은 자료동화 앙상블과 singular Vector를 이용하고, 모형 불확실성은 SPPT, SKEP 방법 등을 이용함
3	• 주 제 : Sufficient resolution for S2S predictions • 연구자 : Sardeshmukh, Prashant • 주요내용 - 계절예보에서 확률적 모수화 방법이 NMME 예측성에 필적한 것에 기반, S2S

	예보에 있어서도 이러한 확률적 모수화 방법이 효과가 있다면 모형을 고해상도로 만드는 비용을 절감할 수 있음이 연구동기 - 2주차 예보에서, 확률적 모수화방법이 앙상블의 스프레드는 증가시키고, 에러는 줄이는 효과가 있음 - 확률적 모수화방법을 적용한T 254 GFS 예보 실험의 예측성이 모수화 적용 없이 6배 고해상도 모형실험의 예측성에 상응함을 보임
4	• 주 제 : Mean state bias, cloud-radiation feedback, and MJO prediction skill in the S2S models • 연구자 : Kim, Daehyun • 주요내용 - MJO 주요 메커니즘: moisture mode theory, cloud-radiation feedback - Moisture mode theory의 경우 평균 수분장의 이류가anomalous circulation을 발생시키면서 MJO가 동진하게 됨 - Cloud-radiation feedback을 통해MJO내 moisture wave를 유지시켜줌 - S2S 모델에서MJO 주요 메커니즘과 관련된 변수들의 성능 평가를 통해 MJO 예측에 어떠한 영향을 주는지에 대해 토의 - Maritime Continent에서 모델내 계절 평균 수분장이 관측에 비해 적음에 따라 인도양과 서태평양 사이의 동서방향moisture advection이 약하게 되고 MJO 발달과 진행을 약하게 모의하게 됨
5	• 주 제 : Process-based MJO hindcast evaluation in SubX • 연구자 : Kim, Hyemi • 주요내용 - SubX 모형들을 이용한 MJO MME 예측성 제시 - 계절내 모형들 특히, MME 결과는 MJO의 진행이나 강도 등에서는 높은 예측성이 보이지만, 그 원격상관에 있어서는 만족스러운 상황은 아니라고 판단됨 - MME 관련 대부분의 발표는 주로 MJO 현상을 다루고 있음
6	• 주 제 : The ocean-atmosphere dialog in the MJO: Physical processes vs systematic biases in forecast models • 연구자 : Demott, Charlotte • 주요내용 - S2S 모델의 경우 예측 선행시간이 증가함에 따라 남북방향의 moisture gradient가 줄어드는 경향이 있음-> MJO 예측 성능이 나빠짐.
7	• 주 제 : Dependence of Sub-seasonal Forecast for Extreme High Temperature over East China • 연구자 : Jing Yang • 주요내용 - S2S 규모의 예측력은 지역의 기후학적 계절내 예측 변동성의 phase에 크게 영향을 받으며, Dominant한 ISV의 빈도수에 크게 의존적임

④ S2S ensemble predictions and forecast information

번호	주요 내용
1	• 주 제 : How far in advance can we predict changes in large-scale flow leading to severe cold conditions over Europe? • 연구자 : Ferranti, Laura

	• 주요내용 - S2S 모형들이 매일 매일의 변동성의 예측하지는 못하더라도 특정 이벤트의 발생, 발달, 그리고 소멸에 대한 정도를 줄 수 있음을 강조 - 대서양 유럽 지역에서 NAO와 Blocking을 conventional EOF 방법을 적용하여 정량화하고 둘의 위상 및 강도에 대한 diagram을 제시함 - 동아시아에 영향을 주는 예측인자 개발에도 이런 방법을 적용할 수 있는지에 대한 아이디어가 될 수 있음 - 참고문헌: How far in advance can we predict changes in large-scale flow leading to severe cold conditions over Europe? Ferranti et al., 2018 QJRM
2	• 주 제 : A verification framework for South American sub-seasonal precipitation predictionss • 연구자 : Coelho, Caio • 주요내용 - S2S 예측의 남아메리카 지역 검증 프레임워크를 소개함 - Association (관련성), accuracy (정확성), discrimination (식별), reliability (신뢰도) and resolution (해상도) 등 예측의 다양한 측면을 파악할 수 있도록 TCC, MSSS, ROC 등을 적용한 결과를 제시함 - <u>타 지역에서 적용한 S2S 예측 검증이 기존의 WMO 검증법에서 크게 벗어나지 않음을 확인하였고, 센터에서의 S2S 검증에 있어서 매우 새로운 방법론의 개발이 필요한 것은 아니고 적용 방식의 최적화가 필요한 것이라고 판단됨</u>
3	• 주 제 : How much can Model Output Statistics improve sub-seasonal predictive skill? • 연구자 : Munoz, Angel G • 주요내용 - Ignorance Score (IGN)는 reliability, resolution 그리고 uncertainty가 모두 고려된 스킬 스코어임 - MOS (Model Output Statistics)를 통해 S2S 예측력 향상을 기대할 수 있음. 특히, EOF기반의 CCA 방법으로 calibration하면 전지구 많은 지역에서 양적/공간적 패턴 예측력이 향상됨
4	• 주 제 : Regime-dependent predictability and forecast error spectra of initialized forecasts • 연구자 : Berner, Judith • 주요내용 - higher mode의 예측성이 leading mode 성능에 비해 높음을 제시, 이는 모형이 대기 모드들의 regime transition을 제대로 재현하지 못하는 것 때문으로(자체) 해석됨 - 초기장에서 강한 PNA 시그널이 존재할 때가 그렇지 않을 때보다 예측성이 높음. 이 역시 강한 시그널 때문에 regime transition 지연됨에 따라 예측성이 늘어나는 것으로(자체) 판단됨
5	• 주 제 : Advancing atmospheric river and blocking forecasts into subseasonal-to-seasonal timescales • 연구자 : Barnes, Elizabeth • 주요내용

	- MJO와 QBO 상호작용에 기반 (STRIPES index, Sensitivities To Remote Influence of Periodic EventS 활용)한 empirical prediction model의 성능이 역학모델 보다 더 뛰어남 - QBO westerly phase일 때 MJO 원격상관 신호가 더 강함
6	• 주 제 : Identifying the capacity of dynamical models to forecast subseasonal extremes • 연구자 : Collins, Dan • 주요내용 - SubX 프로젝트를 소개하고, 활용성을 홍보함 - SubX 참여 다중모델앙상블의 결과가 개별모델보다 상하위 15%의 극한현상 예측성능이 개선됨 - SubX 웹 페이지 : http://cola.gmu.edu/kpegon/subx

⑤ S2S forecasts for decision making

번호	주요 내용
1	• 주 제 : Developing new watershed-based climate forecast products for hydrologists and water managers • 연구자 : Baker, Sarah • 주요내용 - Quantile mapping과 같은 bias correction을 통해서 예측성이 높아짐을 제시 - 현업S2S MME에서도 bias correction과 같은 후처리가 필요한 것인지? 적용은 가능한 것인지? 아니면 이러한 후처리는 tailoring에서만 고려되어야 하는 것인지? 등 의문을 갖게 됨
2	• 주 제 : Experimental subseasonal forecasting of atmospheric river variations for the western U.S. during Winters 2017–2018 and 2018–2019 • 연구자 : Waliser, Duane • 주요내용 - Atmospheric river는 캘리포니아 수자원에 있어 주요한 현상으로 알려져 있음 - ECMWF, NCEP, ECCO에 기반한 atmospheric river 3주 전 예측 가능성 타진 - Ucla.box.com/ARcatalog -> AR detection 및 분석 코드 공유
3	• 주 제 : Potential of combined statistical-dynamical sub-sampling approach • 연구자 : Dobrynin, Mikhail • 주요내용 - Subsampling technique에 대한 소개 - 여러 앙상블들 중에서 first guess와 동떨어진 앙상블을 제외하고 NAO를 예측했을 때 그 스칼라가 향상됨을 보임 - First guess를 위한 predictor로 SST, sea ice concentration, snow depth, stratospheric temperature 등을 고려함 - Subsampling 과정으로 NAO index 자체의 first guess를 정하고, 그것을 기준으로 많이 벗어나는 앙상블을 제거하는 것으로 보임. outlier를 정하는 기준에 대해서는 정확히 이해하지 못함

	- 다중모형 앙상블에서도 subsampling을 적용하였을 때 예측성능이 향상됨 - 센터 내에서 수행된 다양한 tailoring 과제들(CLIK, PICASO, ESPRESSO) 역시 역학 모델을 통계적으로 후처리하는 방법이고 이때 대규모 순환패턴을 예측인자로 이용하는 것은 동일하지만 SCM 결과를 이용하기에 개별 앙상블들을 on/off 시키는 subsampling 방법은 새롭게 받아들여짐 - 센터 내에서 수행된 CLIMT-K 과제는 개별 모형별로 대규모 순환장 유사성에 기반해서 과거 예측장에 상응하는 과거 관측을 subsampling하는 방식을 취하기에 어느 정도 유사하지만, 여전히 예측 앙상블을 subsampling하는 것과 는 차이가 있음. - MME 방법으로 subsampling 적용이 가능할 수 있겠으나, 개별 그리드 마다 prior를 결정하는 과정 자체가 다양한 역학적 분석이 필요하고 결과적으로 얻어진 전구 예측장의 balance를 담보할 수 없다는 점에서는 한계가 있음. 하지만 지역맞춤 tailoring 시스템에 적용시 그 효과가 기대됨
--	---

⑥ Land initialization and processes

번호	주요 내용
1	• 주 제 : The role of the midlatitude ocean in sub-seasonal prediction • 연구자 : Saravanan, Ramalingam • 주요내용 - 해양eddies의 중요성: 25km 해상도 이하의 모델의 중요성, upper ocean condition의 중요성
2	• 주 제 : An improved approach to land-surface initialization in the Met Office's Global Seasonal Forecasting System (GloSea) • 연구자 : Davis, Philip • 주요내용 - GloSea의 경우, hindcast와 forecast의 soil moisture climatology가 다르게 들어감 - 이로 인한 near surface T 예측에 구조적 오차가 존재 - JRA55를 이용한 soil moisture 초기화가 한 대안이 될 수 있음

⑦ Time scale interaction

번호	주요 내용
1	• 주 제 : Predictability of blocking and tropical cyclone activities? An Assessment with a large ensemble simulation • 연구자 : Kimoto, Masahide • 주요내용 - 100개의 앙상블 MRI RCM 실험이 10개 앙상블 실험에 비해 캄차카지역에서 유의미한 성능 개선을 보임. 강한 캄차카 저지고기압의 경우에는 그 발달이나 동아시아로의 한파발생이 모형에서 잘 모의됨 - ENSO 지수와 캄차카 저지고기압 사이의 음의 상관관계 (-0.71) - 엘니뇨와 라니냐 시기에 저지고기압의 빈도/지속시간/강도의 예측성이 상대적으로 높음 - CP-Type 엘니뇨의 경우 일본으로 상륙하는 태풍이 많아지는 경향

2	• 주 제 : Relating NAO skill to jet variability across timescales • 연구자 : Woollings, Tim • 주요내용 - NAO의 decadal variability는 Jet의 속도에 영향을 주고 NAO의 interannual variability는 Jet의 위도에 영향을 줌 - Jet의 위도와 강도는 결국NAO 예측 스킬과 관련 있으나, 모델의 경우 Jet가 강하게 모의 되는 경우가 있음 - Jet가 약한decade의 경우S2S 시간 규모의 변동성이 강해지는 경향이 있음
3	• 주 제 : Impact of intraseasonal oscillations on onset and demise of the Indian Summer monsoon rainfall • 연구자 : Karmakar, Nirupam • 주요내용 - 주기함수에 fitting을 시켜 BSISO를 장주기 모드(25-60일)와 단주기 모드(10-20일)로 구분한 지수 개발 - 두 개 모드의 phase locking이 인도몬순의 onset/decay에 중요함

⑧ S2D

번호	주요 내용
1	• 주 제 : Prediction of short-term climate extremes using the North American Multi-Model Ensemble • 연구자 : Becker, Emily • 주요내용 - NMME를 이용한 것을 제외하고 이현주 연구원의 발표내용과 매우 유사함 - 극한 강수 예측력을 향상시키기 위한 새로운 방안을 강구할 필요성이 제시되었으며, 극한 강수와 극한 기온의 상호 관련성을 분석이 요구됨
2	• 주 제 : Calibration and Combination of NMME precipitation forecast over South America using Ensemble Regression • 연구자 : Osman, Marisol • 주요내용 - 다양한 calibration과 combination 방법을 적용하여 모델 예측력을 상호 비교하여 결과를 제시 - WSEREG+Weighting according to mean correlation 방법이 긴 time scale 에서 가장 좋은 예측력 향상을 보임 (그러나 계산 로드가 많음) - 이현주 연구원의 연구 발표 내용에 다양한 calibration과 combination을 적용하여 계절규모의 극한 기후 예측력을 비교해 볼 수 있음

2. Relevance to APEC Climate Center's Activities 결론 및 소감

- 전반적인 분위기가 현S2S 모델의 예측 성능 좋지 않음을 인지하는 분위기였으나, 예측 가능성의 창을 찾기 위한 다양한 시도들이 진행되고 있었음.
- 센터 내 S2S 과제 수행 결과 동아시아지역의 예측성이 매우 낮으나, 그럼에도 불구하고 S2S 시간 규모 예측의 활용 및 현업화가 요구됨. 본 학회에서 conditional predictability 혹은 regime-dependent predictability 관련 다양한 연구들을 접할 수 있었고, 따라서 차년도 과제에서는 이러한 개념을 활용하여 동아시아 S2S 규모 예측 성능 개선 가능성을 타진해 보고자 함

- 2016년 개최된 S2S SG/LG meeting에서 발표하던 연구진들의 초기 과제 내용이 진행되어 가는 과정을 확인할 수 있는 유익한 시간이었음. 지속적인 참석을 통해 연구동향을 파악하고 community에서 당면하고 있는 주요 현안을 파악하는 것이 중요할 것으로 생각됨. 이를 통해 APCC가 추구해야 할 방향을 재정비하고 새로운 연구과제를 발굴하는데 많은 도움이 될 수 있음
- ECMWF 등은 학회기간 동안 2019년 ECMWF에서 개최될 예정인 Annual Seminar 등을 홍보하는 유인물을 배치하여 기관 홍보와 함께 학회 참석을 독려했음. APCC도 국외 학회에서 간단한 연구사례집이나 유인물을 배포하여 APCC의 홍보 활동 강화가 필요할 것으로 보임
- 또한 학회 개최 시, 참석현황을 소개하며 젊은 과학자(26%) 및 여성과학자(40%)의 참여 비중을 제시하는 점이 인상 깊었음. 후진 양성에 힘쓰며 과학계의 양성평등을 이끌어내려는 노력의 일환이라고 생각됨.

3. Suggestions and Remarks 건의사항

- 도서구입 요청 (2018년 10월 19일 발간 예정)
Title : Sub-seasonal to Seasonal Prediction
Editors: Andrew Robertson, Frederic Vitart
Paperback ISBN: 9780128117149

Representation of NAO/PNA activity reliant on ENSO phase in dynamical seasonal prediction models

Yun-Young Lee (yyalee@apcc21.org)
APEC Climate Center, Busan, South Korea

1. Background and Motivations

- Monthly variability in the boreal winter extratropical tropospheric circulation is organized by several recurring natural modes of low frequency variability (LFV) [Wallace and Gutzler, 1981; Barnston and R Livezey, 1987; Thompson and Wallace, 1998].
- Among them, the North Atlantic Oscillation (NAO) and Pacific-North American (PNA) patterns are major atmospheric modes over North Atlantic and North Pacific basin; the phases and amplitudes of these modes have huge impacts on human life by altering regional to national weather including temperature and rainfall extremes. [Notaro et al., 2006; Archambault et al., 2008].
- Asymmetry of El Niño and La Niña is known to be a indication of nonlinearity in the El Niño Southern Oscillation (ENSO) cycle [Timmermann et al., 2018]. **If so, how is the symmetry of PNA/NAO whose activity is strongly dependent on leading oceanic mode (ENSO)** [Barnston and Livezey, 1987; Horel and Wallace, 1981; Ineson and Scaife, 2009; Smith et al., 2014]???

Aims of this study

- ✓ To examine the asymmetry of PNA/NAO activity with respect to ENSO phases
- ✓ To verify the asymmetry in the operational seasonal prediction models
- ✓ To perform dynamical diagnostic analysis to illuminate a possible factor of models' deficiencies

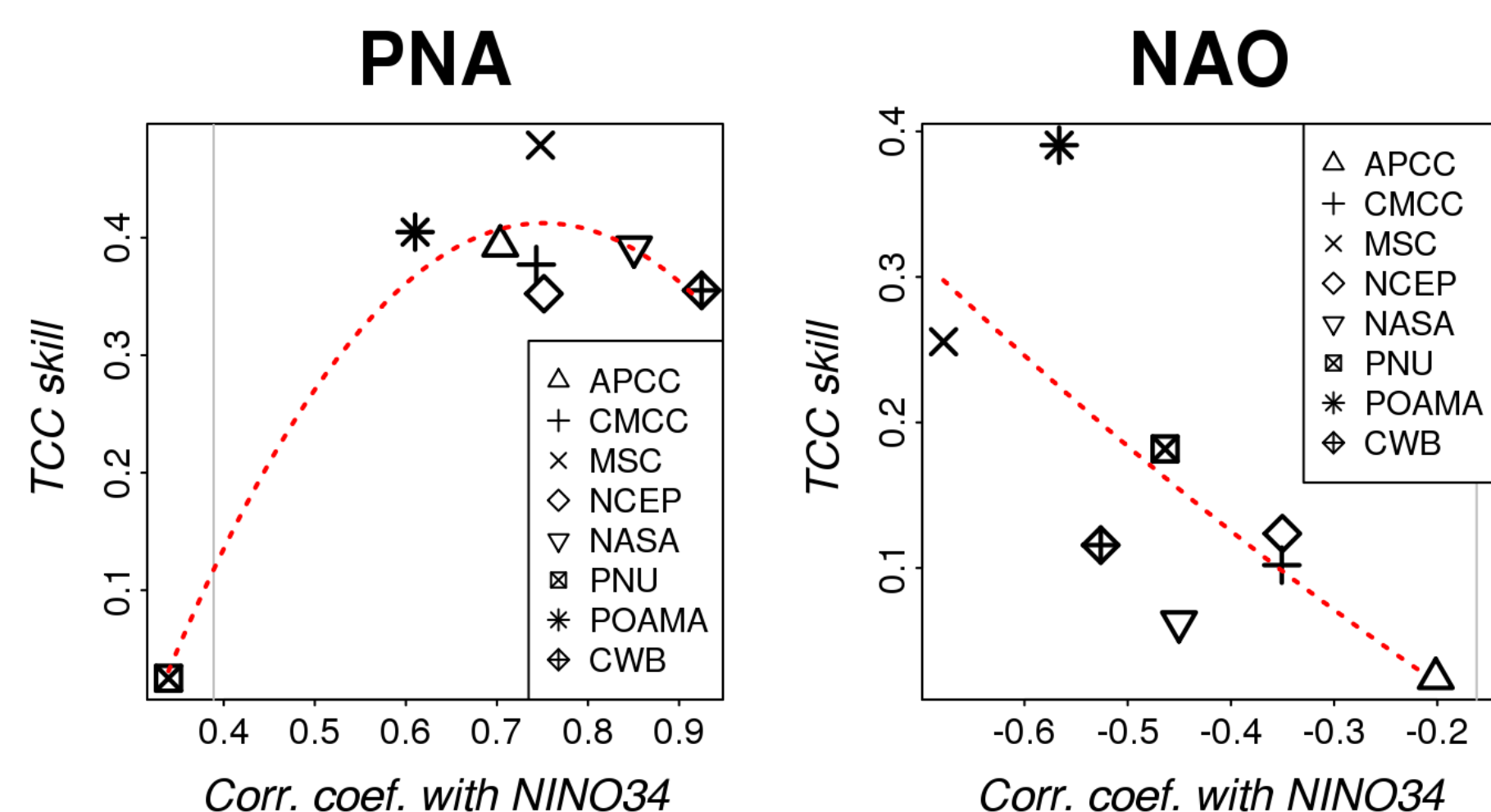
2. Data and Methodologies

- Target season: DJF (run in Nov) and period: 1983-2005 (common among 8 models)**
- Reference reanalysis: NCEP-DOE**
- 8 operational seasonal prediction models (Exp. Type SMIP-2/HFP)**

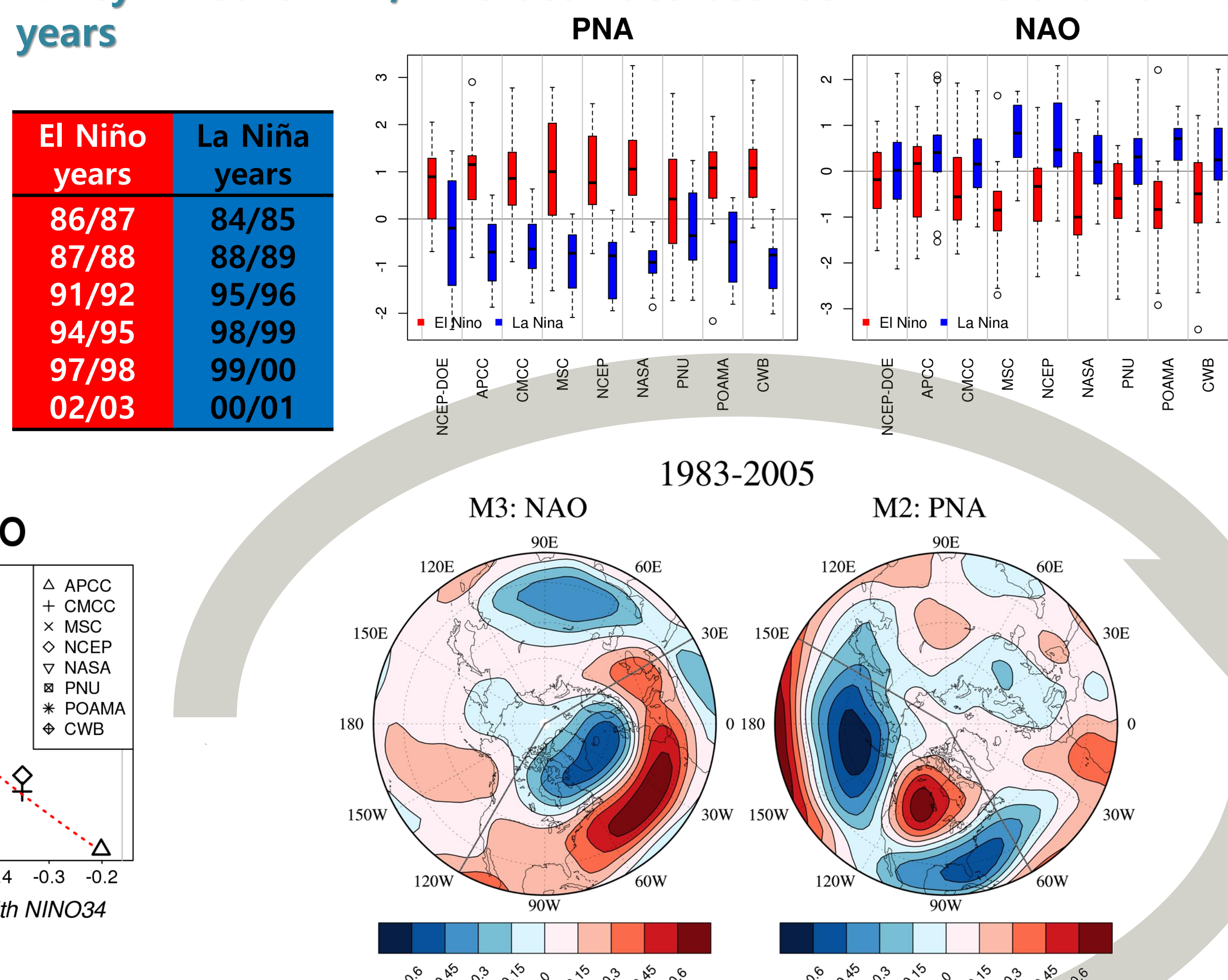
Model	Initialization	Ens.	SST Specification	Sea Ice Specification
APCC	3D Initialization from NCEP CFS reanalysis	10	Predicted	Forecasted from Climatology
CMCC	Operational analysis ECMWF/CIGODAS-CMCC analysis	9	Operational analysis ECMWF	Climatological
CWB	CFSR & CDAS from NCEP	30	OPGSST 2.0 from CWB	NCEP climatology
MSC	The CMC Global 4D-var analysis	20	Predicted (OGCM4)	Continuous nudging
NASA	MERRA reanalysis	10	Predicted (MOM4)	GEOS ODAS-2
NCEP	CFS data assimilation system each day at 00Z, 06Z, 12Z and 18Z	20	Predicted (GFDL MOM4 global ocean model)	Predicted (a two-layer sea ice model)
PNU	NCEP/NCAR Reanalysis 2 in AGCM, OISST data in OGCM	5	Predicted	Predicted
POAMA	Nudging to the analyses from the Australian Community Climate and Earth System Simulator	33	Predicted (ACOM2 Ocean model based on GFDL Mon2)	Created indirectly in response to the nudged atmospheric conditions

- Rotated Principal component (PC) analysis and composite analysis
- Verification Metrics: temporal correlation coefficient (TCC), Asymmetry Index

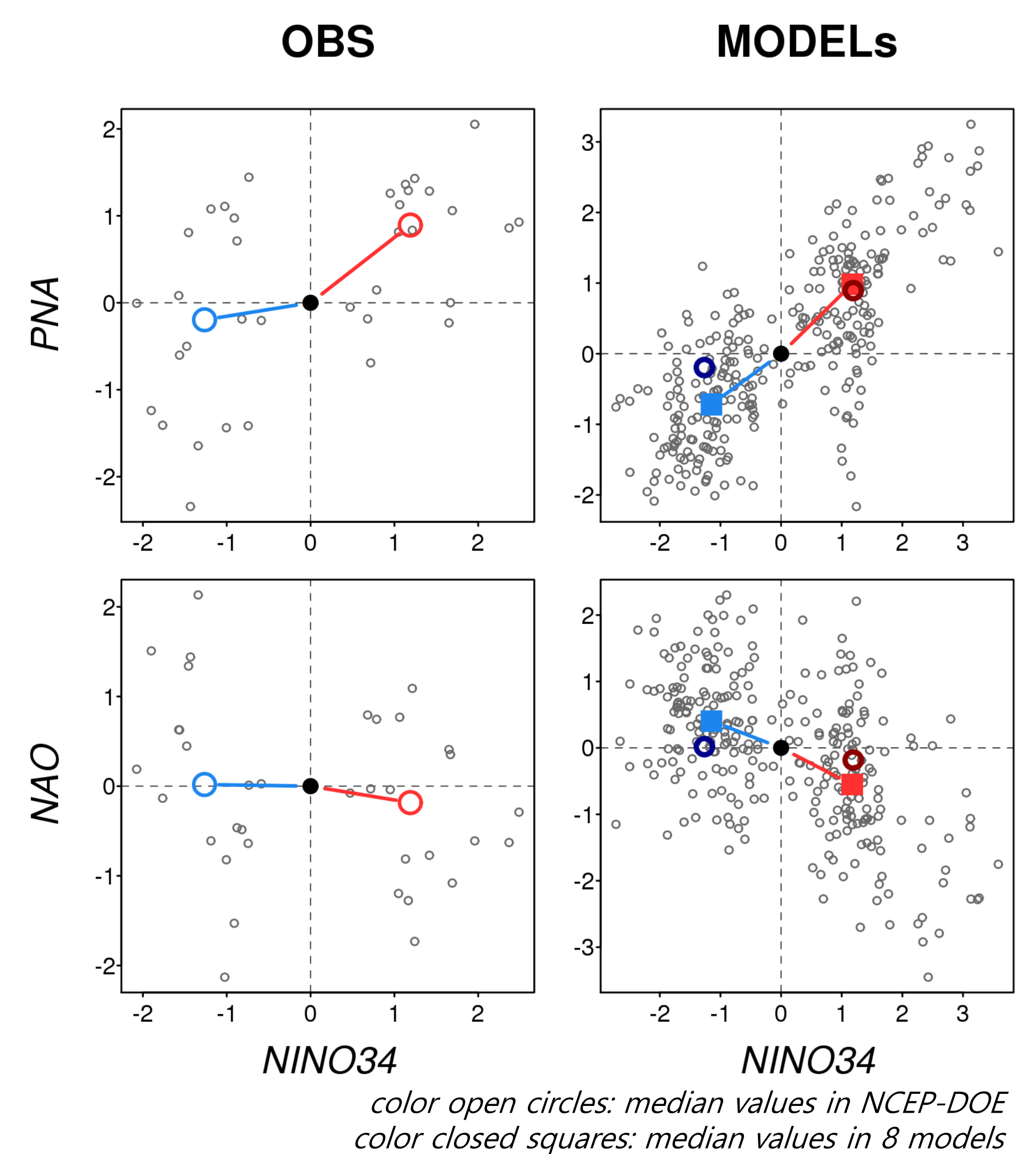
3. Strong NAO prediction skill reliance on ENSO



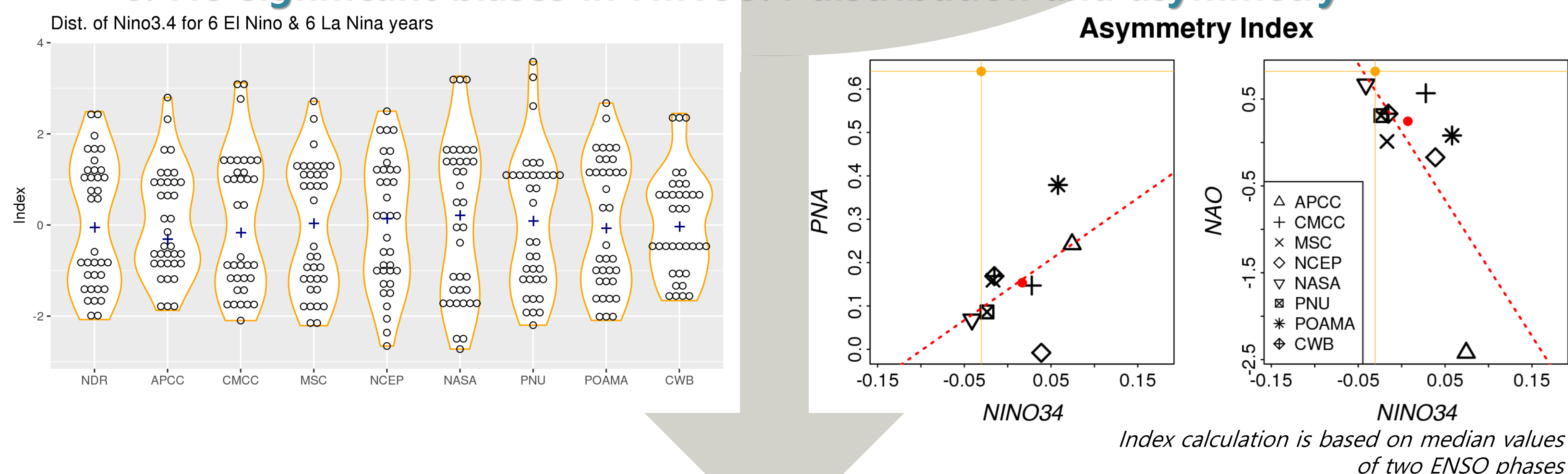
4. Asymmetric PNA/NAO activities between El Niño and La Niña years



5. Lack of asymmetry in models

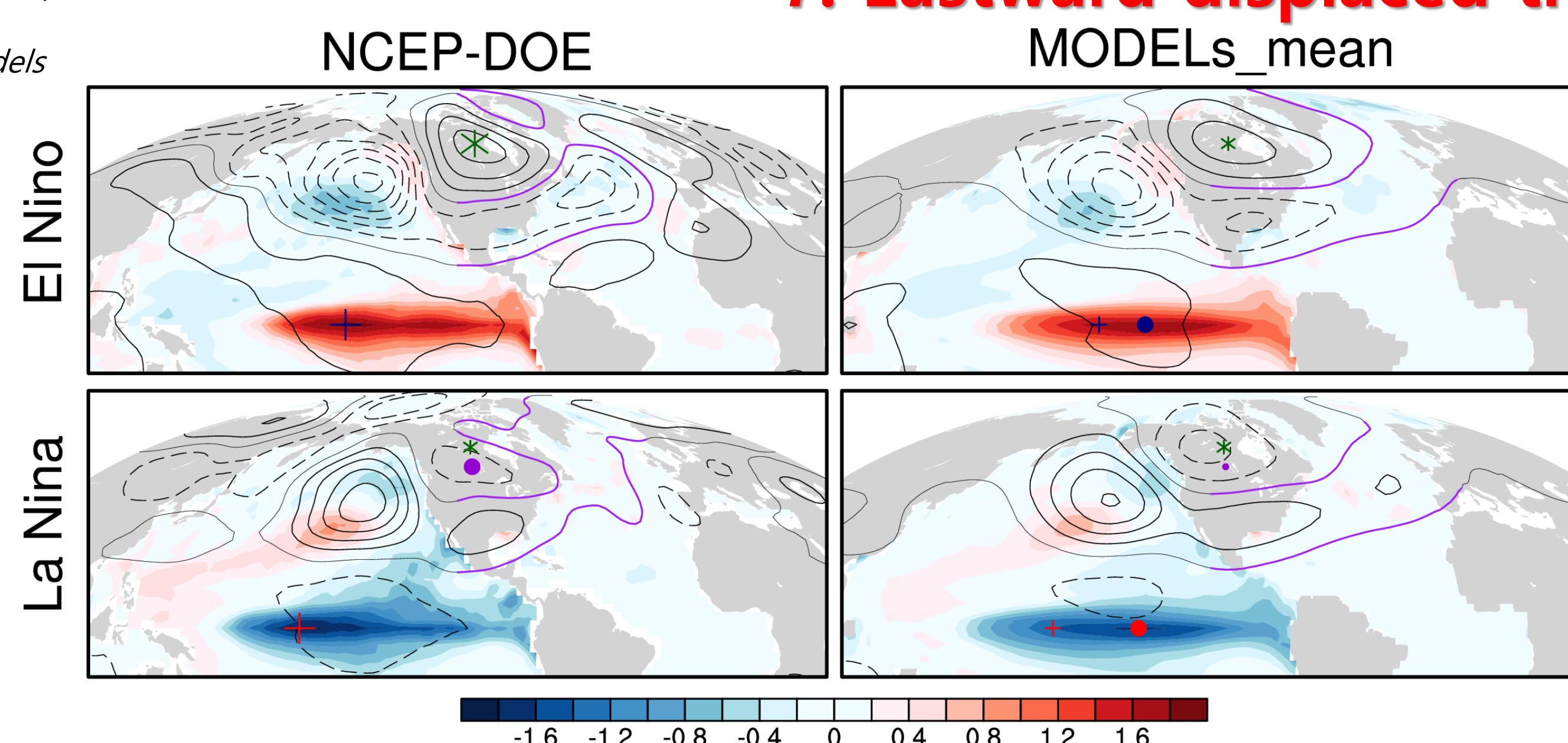


6. No significant biases in NINO3.4 distribution and asymmetry

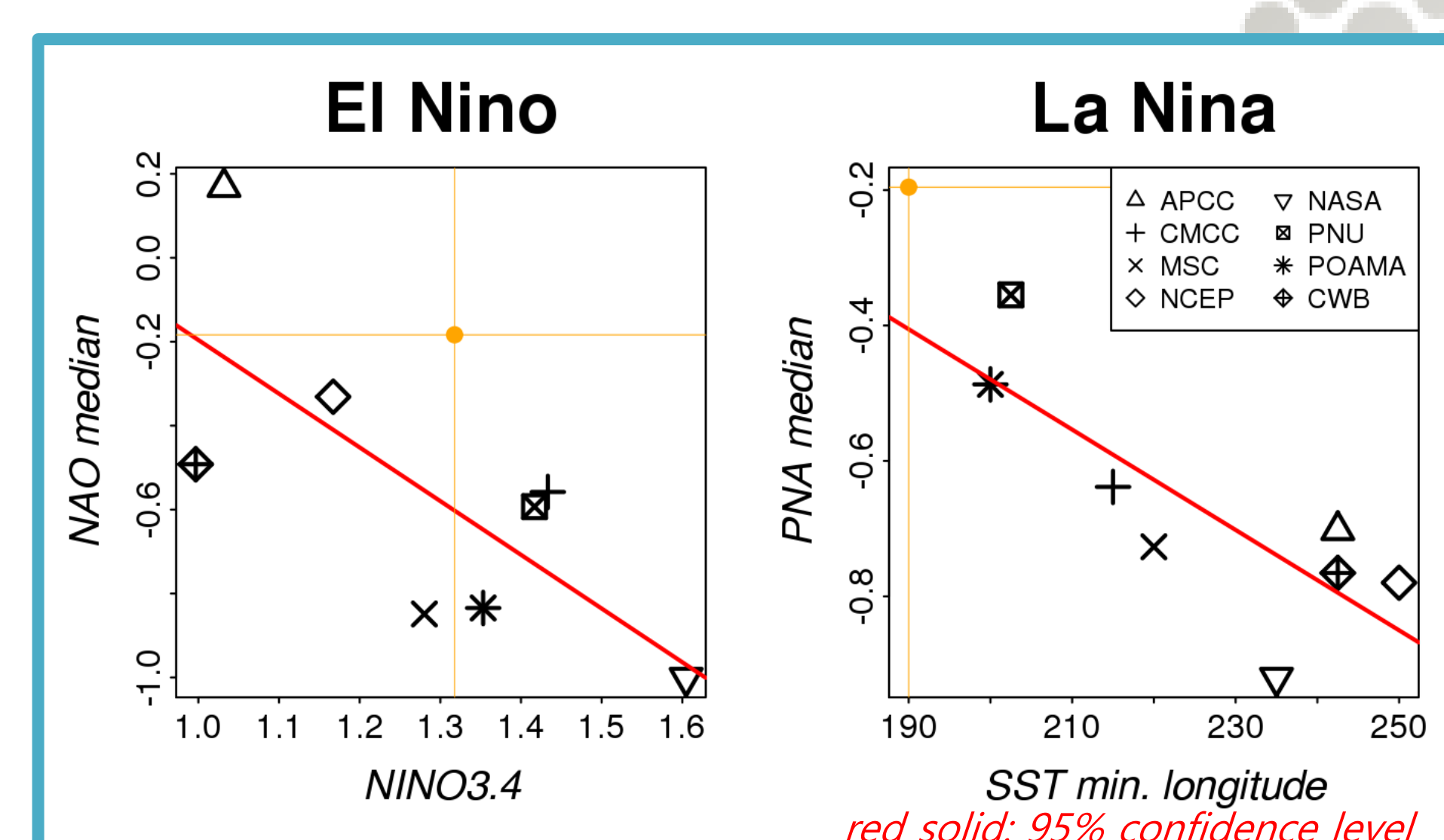


7. Eastward displaced tropical SST pattern related!

Longitude of SST max./min.
- cross: NCEP-DOE
- closed circle: models



- Zonal displacement of La Niña is larger than that of El Niño.



- Stronger El Niño
~ stronger neg. NAO
- During La Niña,
Further shift of SST min.
~ stronger negative PNA

Assessing multi-model subseasonal prediction of winter blocking in East Asia

Ji-Hyun Oh (jihyunoh@apcc21.org), Yun-young Lee, Jayeon Moon, Soonjo Yoon, and Gayoung Kim
APEC Climate Center, Busan, South Korea

Background

- “Three cold days and four warm days” refers to a 7-day cycle with 3 consecutive cold days followed by 4 consecutive warm days. It is commonly accepted as a dominant winter pattern affecting Korea. Recently, however, Korea has experienced extreme cold surges last more than 10 days during boreal winters. Ural blocking (UB) centered over 30°–100°E was the major contributor to the severe cold surges in East Asia. The blocking reinforced the Siberian High near the surface through the advection of cold polar air leading to cold air outbreaks in East Asia.
- Because of its socioeconomic impact in highly populated East Asia regions, predicting the blocking is vital. Nevertheless, prediction of blocking events is among the most challenging problems in weather prediction and climate prediction.

Data and Method

❖ Reforecast

Center	Time Range	Resolution	Forecast Ens. Size	Forecast Frequency	Hindcast	Hindcast Length	Hindcast Frequency	Hindcast Ens. Size
ECMWF	d0-46	T639/319 L91	51	2/week (Mon, Thu)	on the fly	past 20 years	2/week (Mon, Thu)	11
ECCC	d0-32	0.45x0.45 L40	21	weekly (Thu)	on the fly	1995-2014	Weekly (Thu)	4
NCEP	d0-44	T126L64	16	daily	fix	1999-2010	daily	4

❖ UB identification (Cheung et al., 2013, 2015)

$$ZGN(\lambda) = \frac{Z(\lambda, \varphi_N) - Z(\lambda, \varphi_0)}{\varphi_N - \varphi_0} < -10m/deglat$$

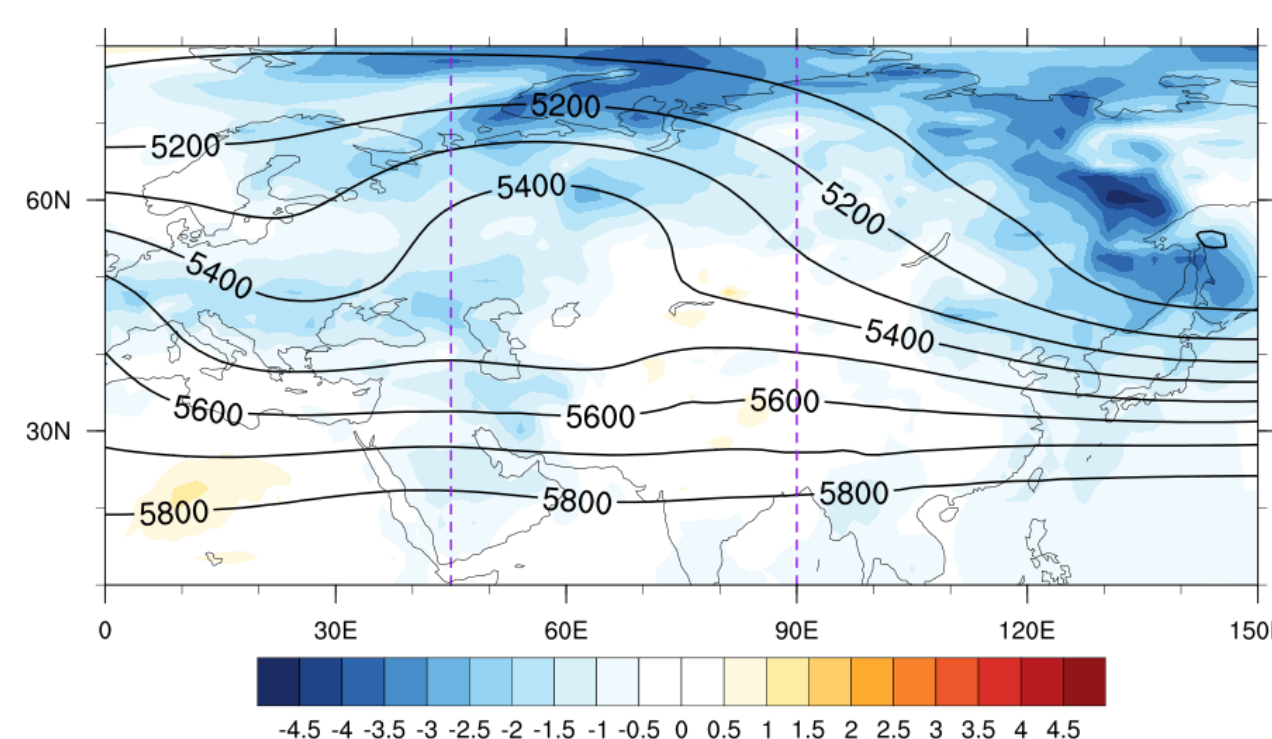
$$ZGS(\lambda) = \frac{Z(\lambda, \varphi_0) - Z(\lambda, \varphi_S)}{\varphi_0 - \varphi_S} > 0$$

- Blocking region (BR): minimum extension is 12° longitude.
- Center of BR is defined as the grid with the largest Z500 within BR.
- UB events refer to those blocking events centered over 45-90°E.

❖ Verification metrics (Watson and Colucci, 2002)

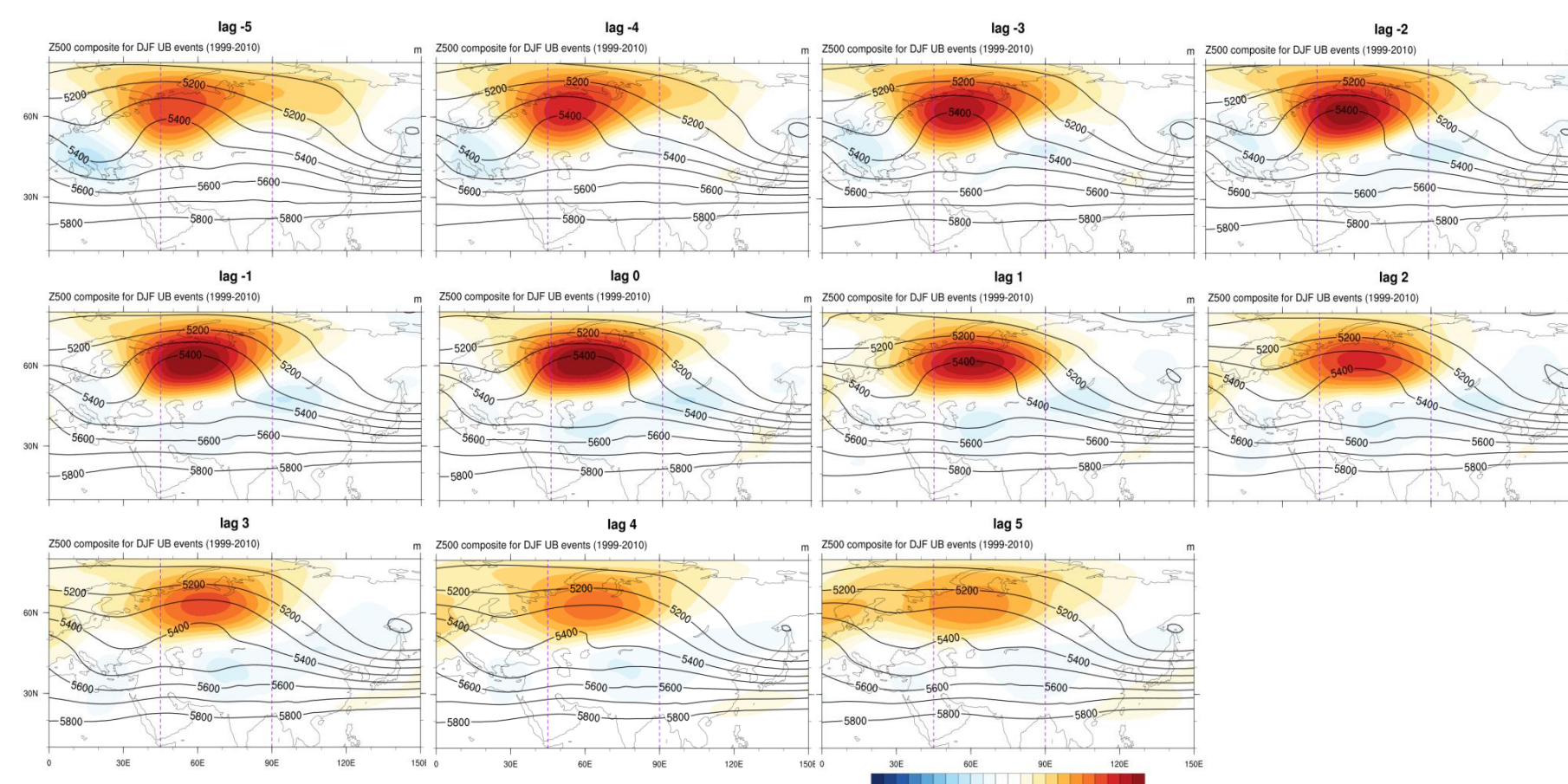
Bias	measures whether events are overforecast or underforecast	$Bias = (A+B)/(A+C).$	Greater than one indicates that the event is overforecast and less than one indicates the event is underforecast.
HSS	a verification of measure of categorical forecast performance based on the hit rate	$HSS= 2 \ ((AD-BC))/((A+C)(C+D)+(A+B)(B+D))$	Perfect forecasts receive an HSS of 1. Forecasts equivalent to randomly made forecasts receive a skill score of 0, indicating no skill. Forecasts worse than the reference (random) forecast receive a score of less than 0.
FAR	a verification measure of categorical forecast performance equal to the number of false alarms divided by the total number of event forecasts	$FAR = B/(A+B)$	FAR ranges from zero to one. Low FAR scores denote more accurate forecasts (less false alarms) and high FAR scores denote less accurate forecasts (more false alarms).
BSS	Relative skill of the probabilistic forecast over that of climatology	$BSS = 1 - \frac{BS}{BS_{clim}}$ $BS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2$	BSS ranges from -∞ to 1. Negative values mean that the forecast is less skillful than a climatology. 0 means no skill compared to the reference forecast. 1 means perfect skill compared to the reference forecast.

Observed UB events



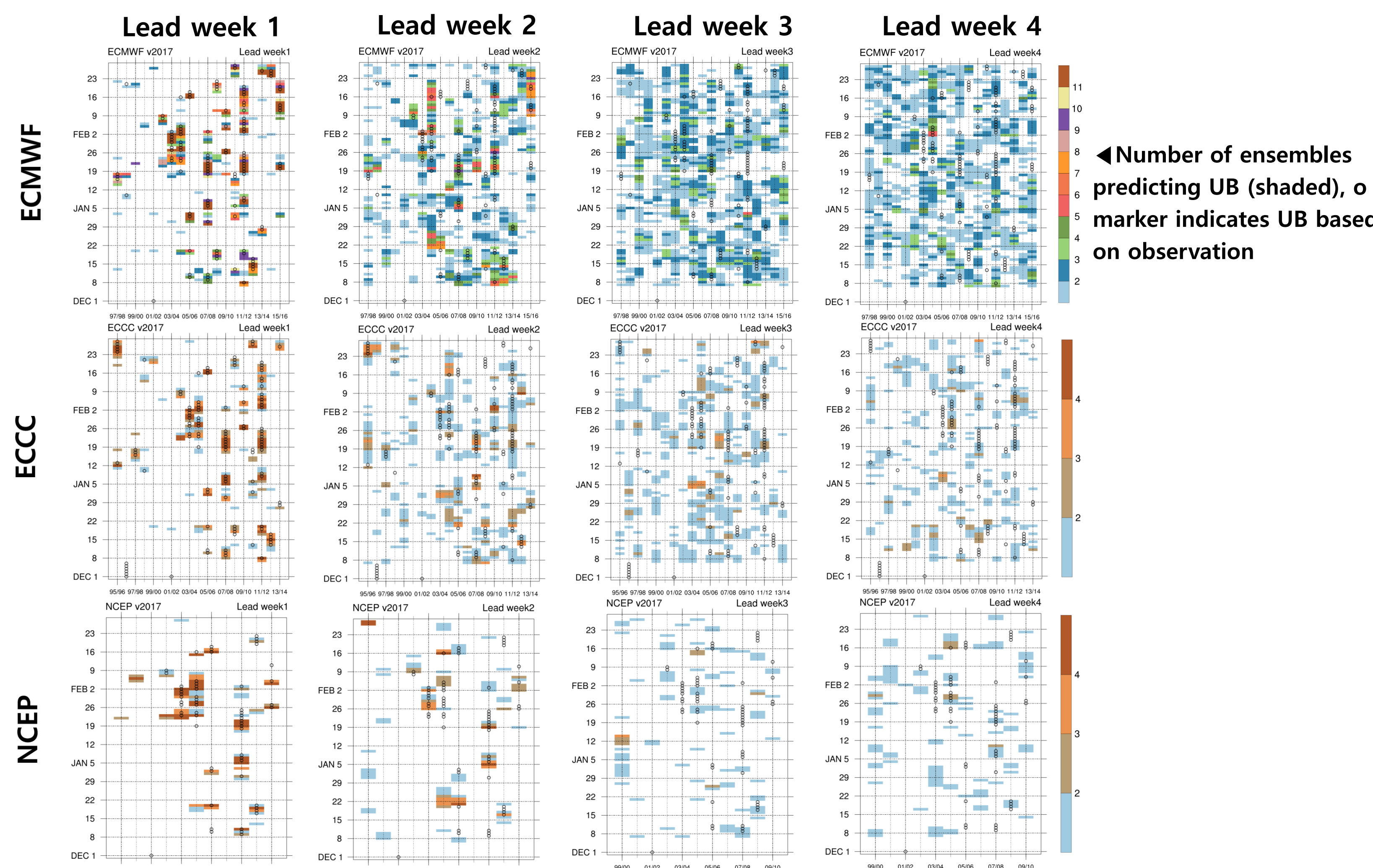
▲ Z500 (contour) and T2m anomalies (shaded) composite for DJF 1999-2010

- Ural blocking is related to cold air outbreak in East Asia promoting advection of polar air masses.



▲ Lead-lag composite of Z500 (contour) and Z500 anomalies (shaded) for DJF 1999-2010

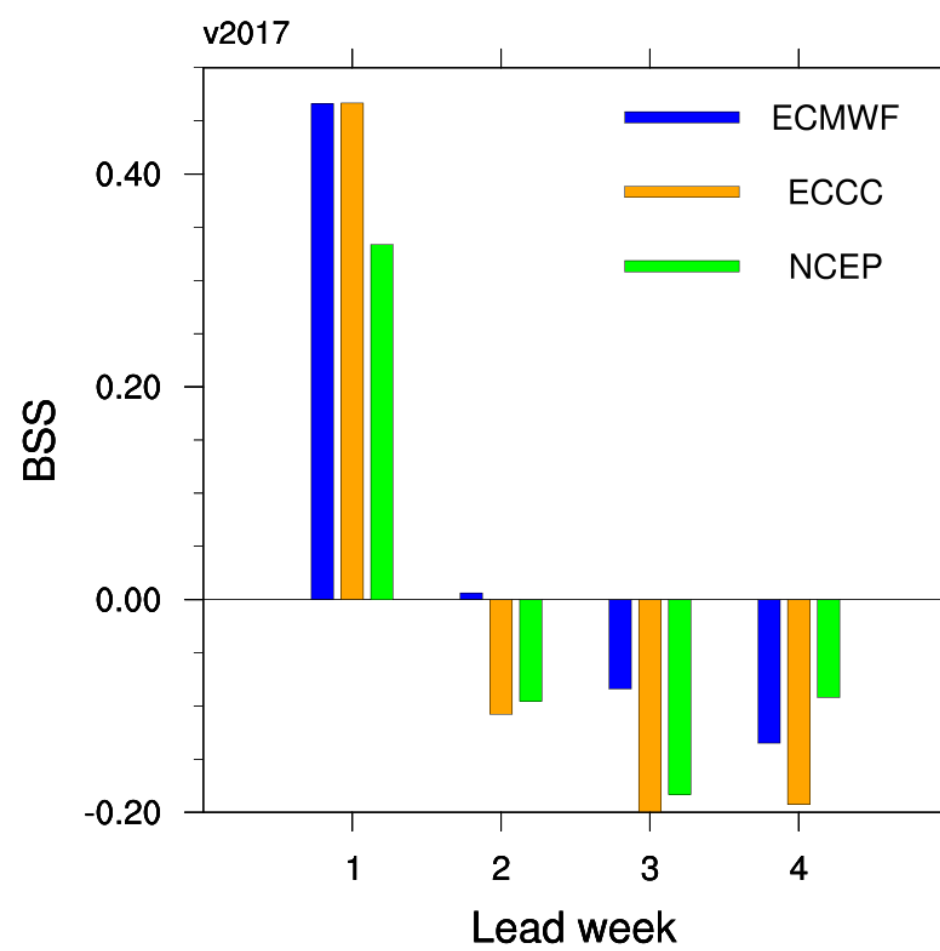
UB events forecast



▲ Number of ensembles predicting UB (shaded), o marker indicates UB based on observation

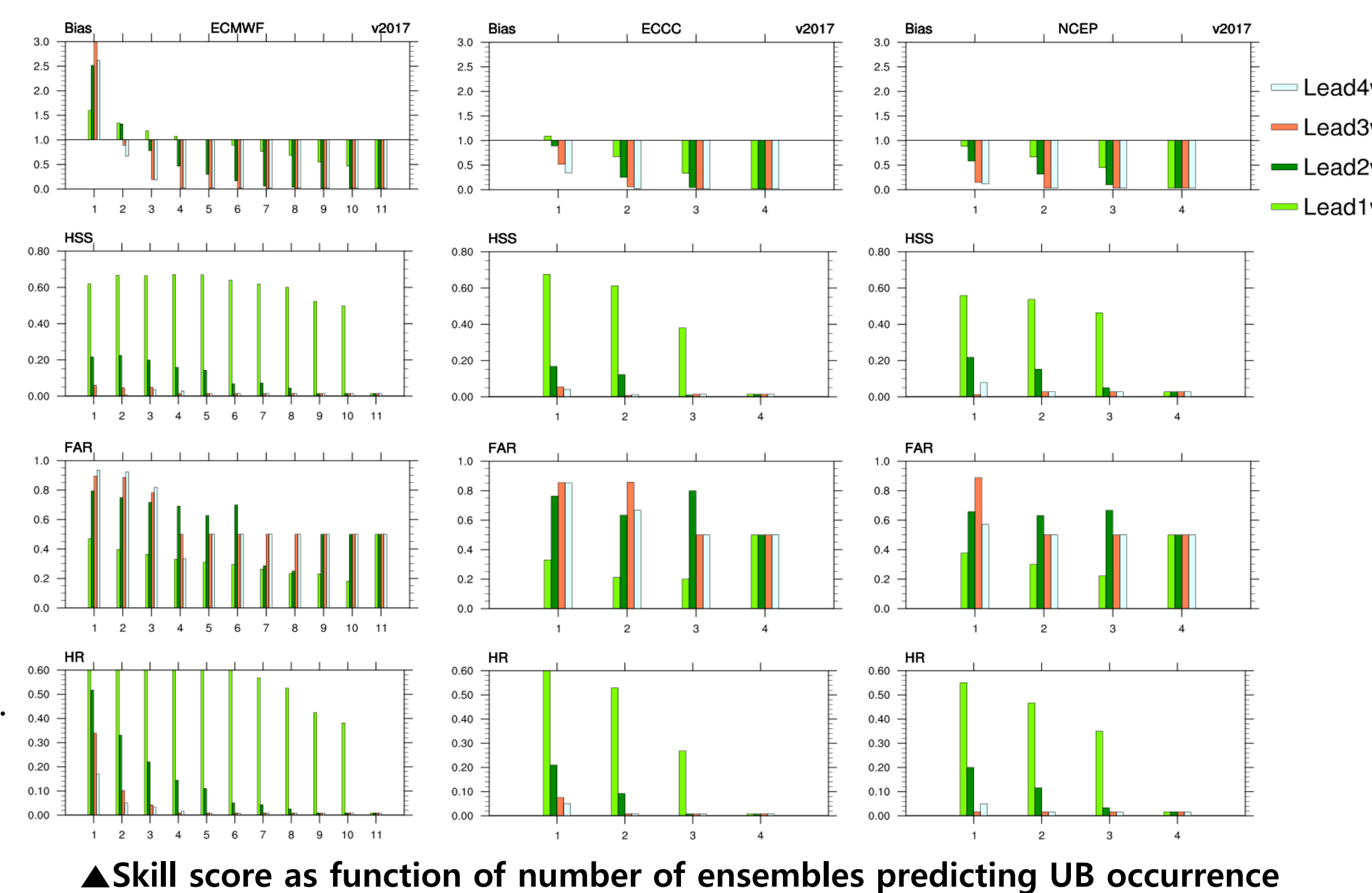
Verification

■ Brier Skill Score



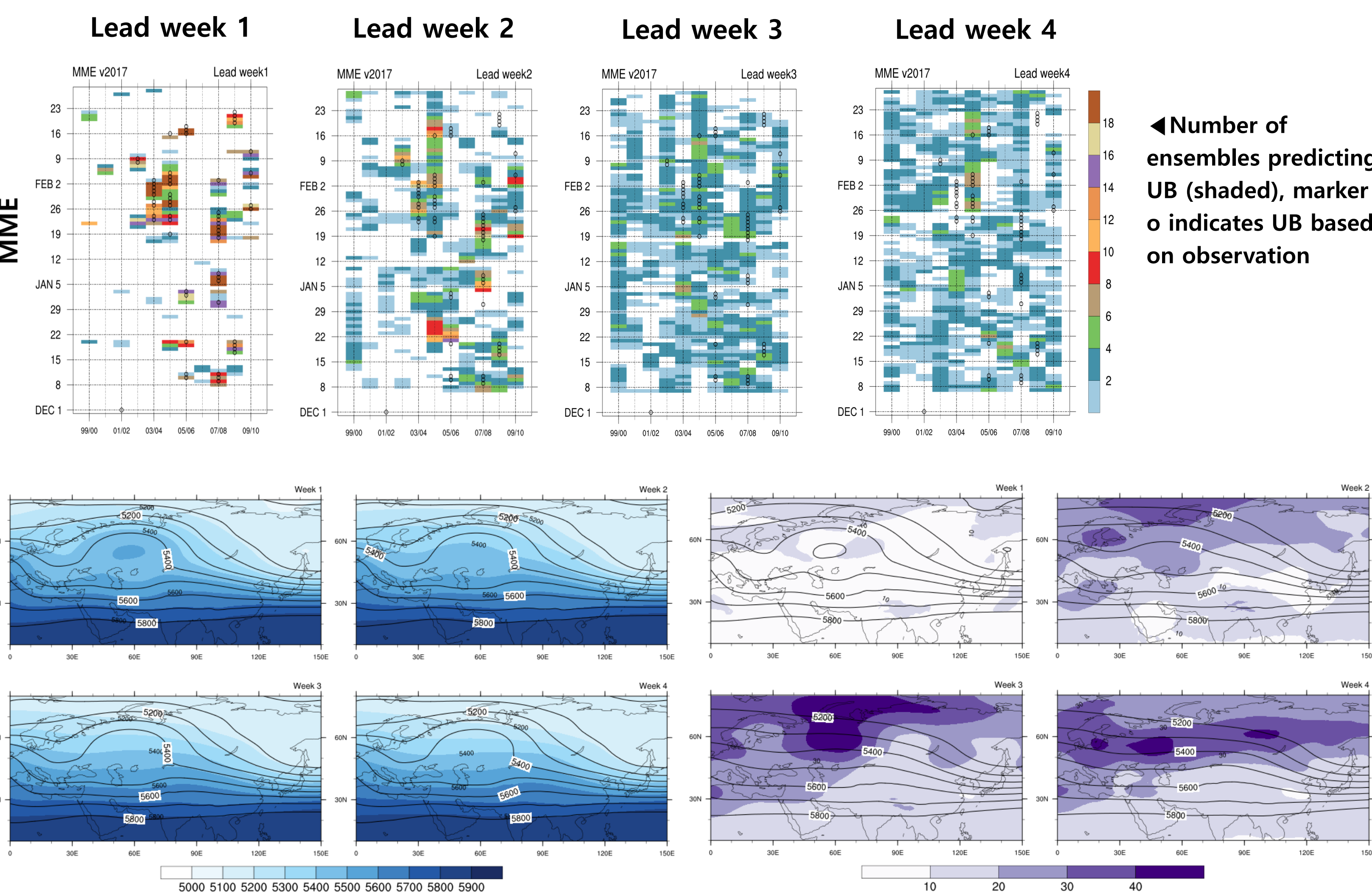
- Compared to ERA-interim
- Common period: 1999-2010 DJF
- common 1.5°x1.5° grid
- Reforecast corresponding to 2017 forecast

■ Skill assessment with respect to the number of ensembles



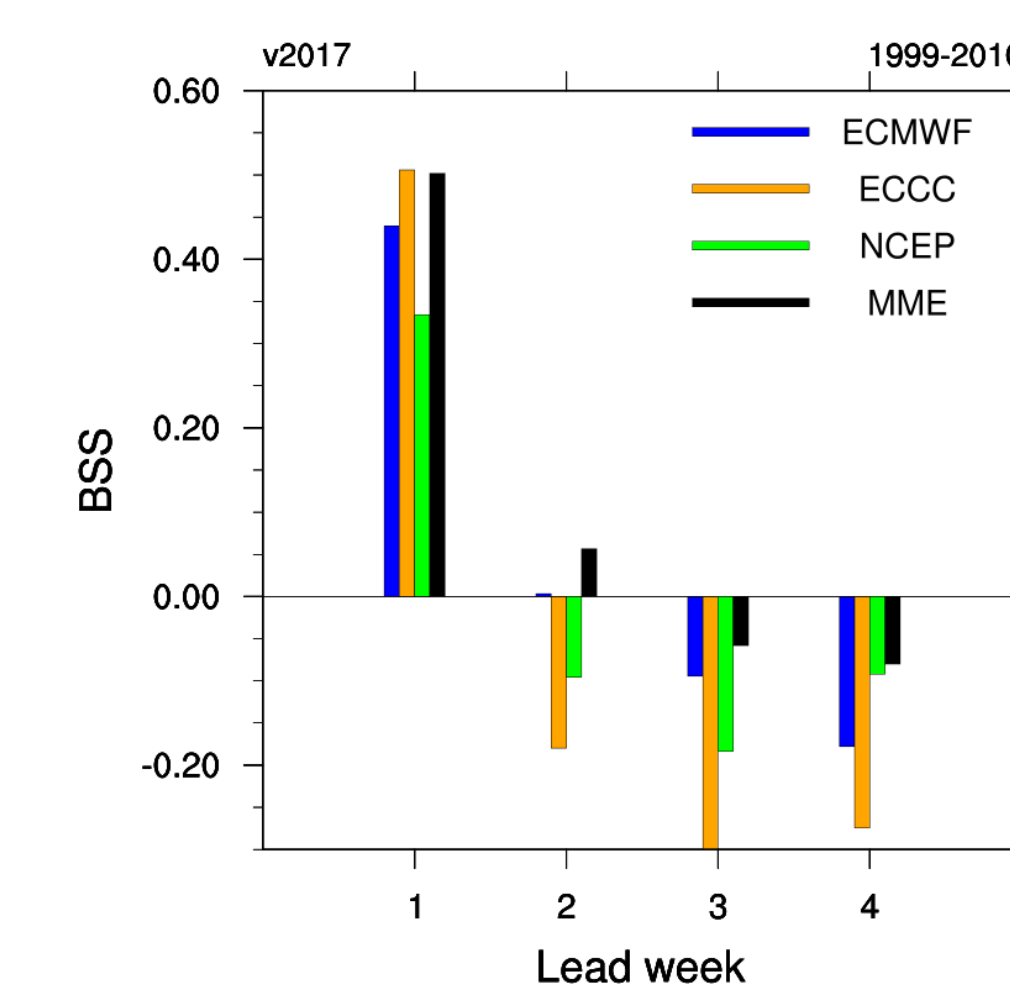
▲ Skill score as function of number of ensembles predicting UB occurrence

Multi-Model Ensemble prediction of UB

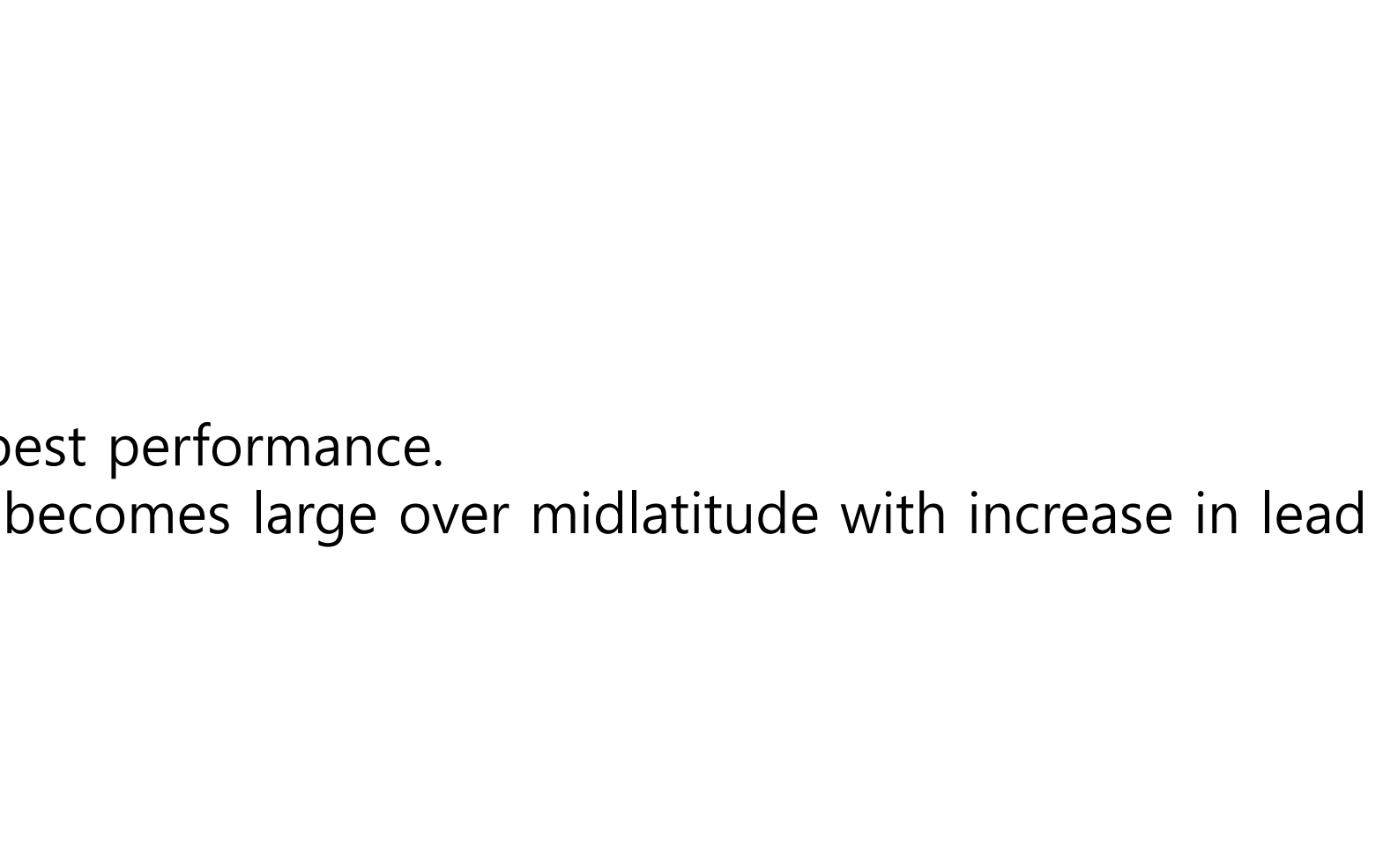


▲ Number of ensembles predicting UB (shaded), marker o indicates UB based on observation

▲ Composite of Z500 (contour: OBS, shaded: MME) for DJF 1999-2010 from lead week 1 to week 4

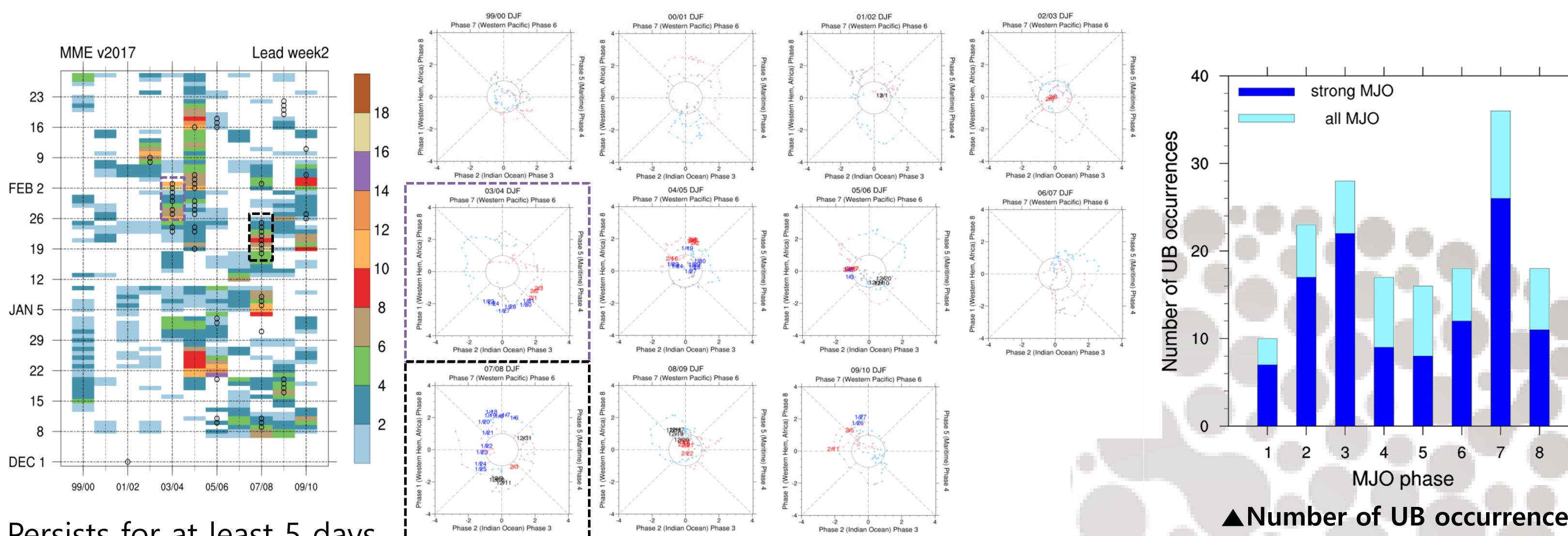


▲ Composite of MME Z500 (contour) for DJF 1999-2010 and ensemble spread (shaded) from lead week 1 to week 4



- MME shows the best performance.
- Ensemble spread becomes large over midlatitude with increase in lead time.

Possible impact of the MJO on UB prediction



Persists for at least 5 days, one non-blocked day in a period of at least 4 blocked days is considered as blocked (Vial and Osborn 2011)
-> Jan27-Feb3 2004, Jan18-Jan 25 2008

▲ RMM index for 1999-2010 winter. Black: December, Blue: January, Red: February

- Better MME performance for persistent blocking
- Possible linkage between the MJO and UB occurrence

Summary and future work

- All three models show skill for week 1.
- MME probabilistic forecast can improve skill for UB prediction for week 2.
- There exists possible linkage between the MJO and UB occurrence.
- More attributes of blocking need to be investigated for better subseasonal blocking prediction.

Skill assessment of Seasonal forecast for temperature and precipitation extremes base on APCC Multi-model Ensemble

APEC Climate Center, Busan, South Korea
Hyun-Ju Lee, Young-Mi Min, Woo-Seop Lee, Yonghee Shin

1. Introduction

- Recent, the frequency of extreme weather and climate such as heatwaves, cold waves, drought and flooding have been increasing and this have been identified in previous studies through the researches of climate modeling and observation (Janssen et al. 2016; Pepler et al. 2015; Asadieh and Krakauer 2015; Alexander 2016).
- The reliable information of climate extreme forecast on a seasonal time scale is necessary to cope with severe events.
- In this study, we examines the observed spatial and temporal variation of extreme temperature and precipitation over the globe for the period 1982~2016 and evaluate the skill of forecasts for climate extremes, defined by upper and lower 15th percentile from climatological distribution, from individual models and MME in a both deterministic and probabilistic sense.

2. Data and Methodology

- Observation**
Temperature (NCEP Reanalysis II), Precipitation (CMAPS-OPI)
- Model**

Table 1 Overview of climate models used in this study

Organization	Initialization	Ens. Size	Reference
CWB (Chinese Taipei)	Last 10 days(12Z) of previous month from NCEP Reanalysis version2	10	Liou et al. 1997
IRI (USA)	Restart files from long running ECHAM4.5	24	Barnston et al. 2010
APCC (Korea)	GODAS ocean initialization	10	Jeong et al. 2012
MSC (Canada)	The CMC Global 4D-var analysis	20	Merryfield et al. 2013
NASA (USA)	MERRA reanalysis	9	Vintzileos et al. 2003
NCEP (USA)	CFS data assimilation system each day at 00Z, 06Z, 12Z and 18Z	20	Saha et al. 2006
PNU (Korea)	NCEP/NCAR Reanalysis 2 in AGCM, OISST data in OGCM	5	Park et al. 2004
BOM (Australia)	Nudging to the analyses from the Australian Community Climate and Earth System Simulator	30	Lim et al. 2012
CMCC (Italy)	Operational analysis ECMWF/ CIGODAS-CMCC analysis	9	Alessandri et al. 2010

- Extreme climate**
Decile (top 10% of historical record) determined by fitting Gaussian distribution to observations and forecasts from 1982-2010 at each grid point

3. Variability of seasonal climate extreme

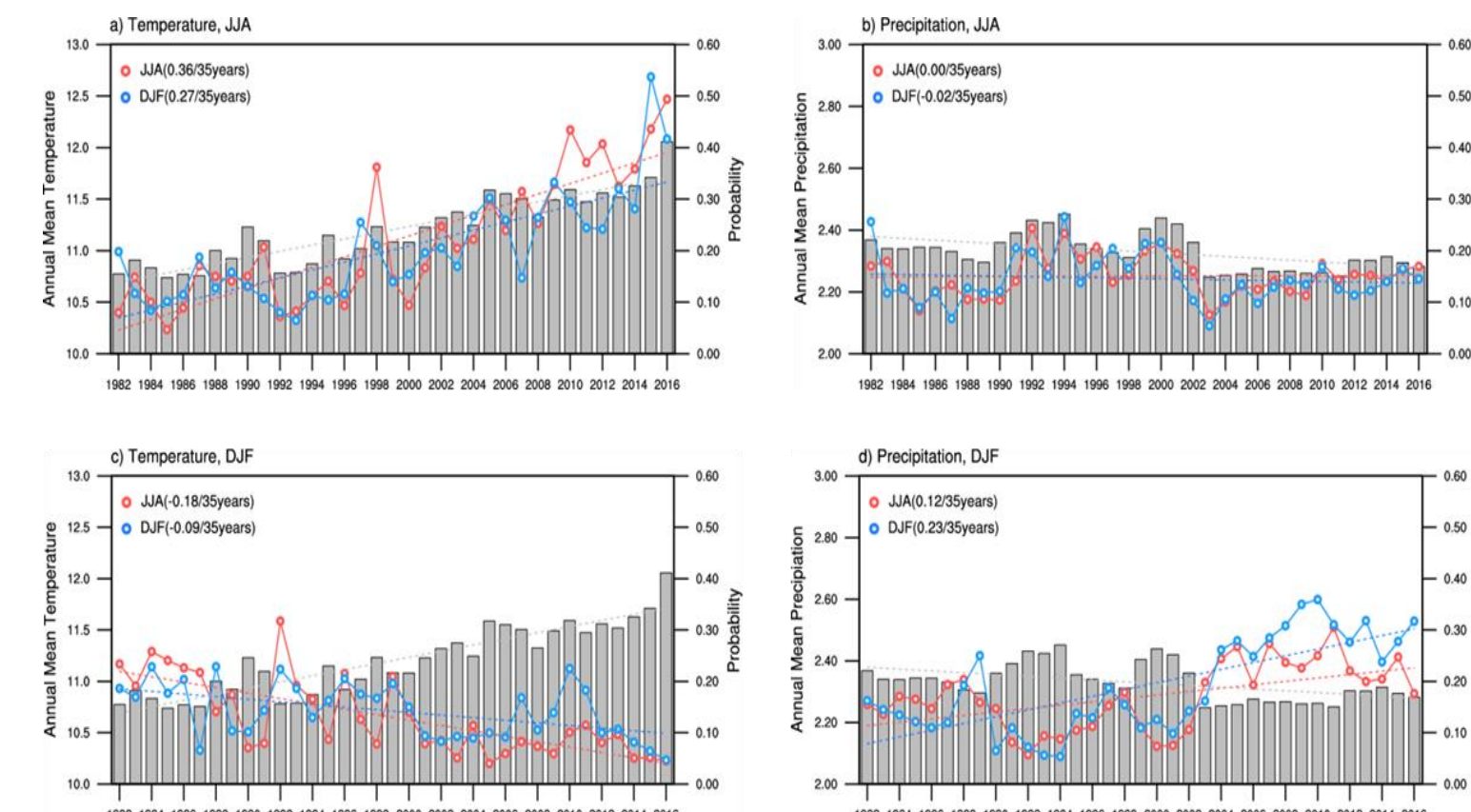


Fig.1 Interannual variability of the upper/lower 15% extremes for JJA/DJF temperature (a, c) and precipitation (b, d) over globe for the period 1982-2016.

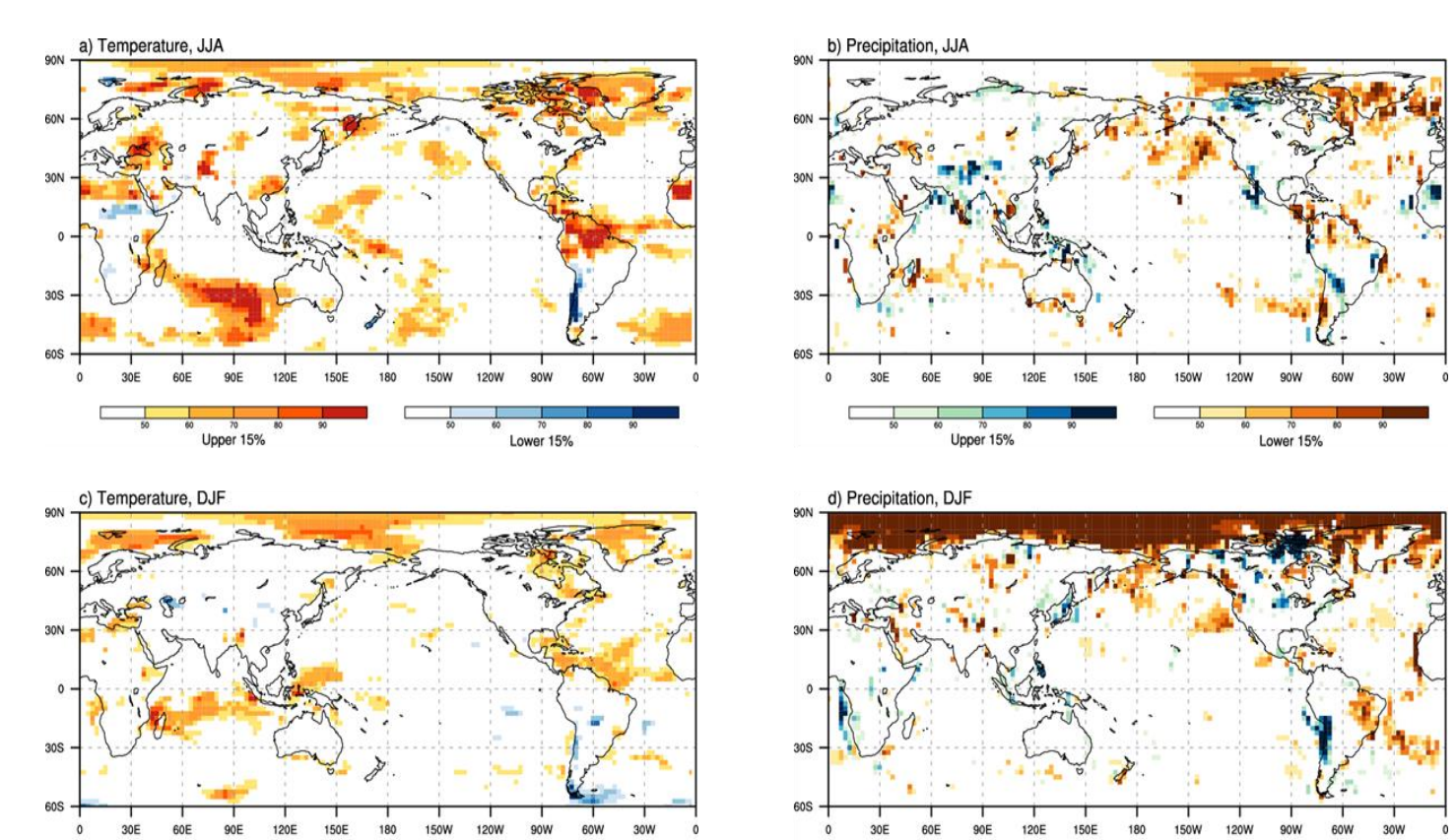


Fig.2 Recent trend in the occurrence probability of the upper/lower 15% extremes for JJA/DJF temperature (a, c) and precipitation (b, d) for the period 2006-2016.

- Over the last 35 years (1982-2016), the frequency of occurrence for upper 15th percentile (lower 15 the percentile) extreme seasonal temperatures has increased (decreased).
- During the recent 11 years, probability of occurrence for upper 15th percentile extreme temperature is also significantly enhanced over the globe.

4. Deterministic forecast of seasonal climate extreme

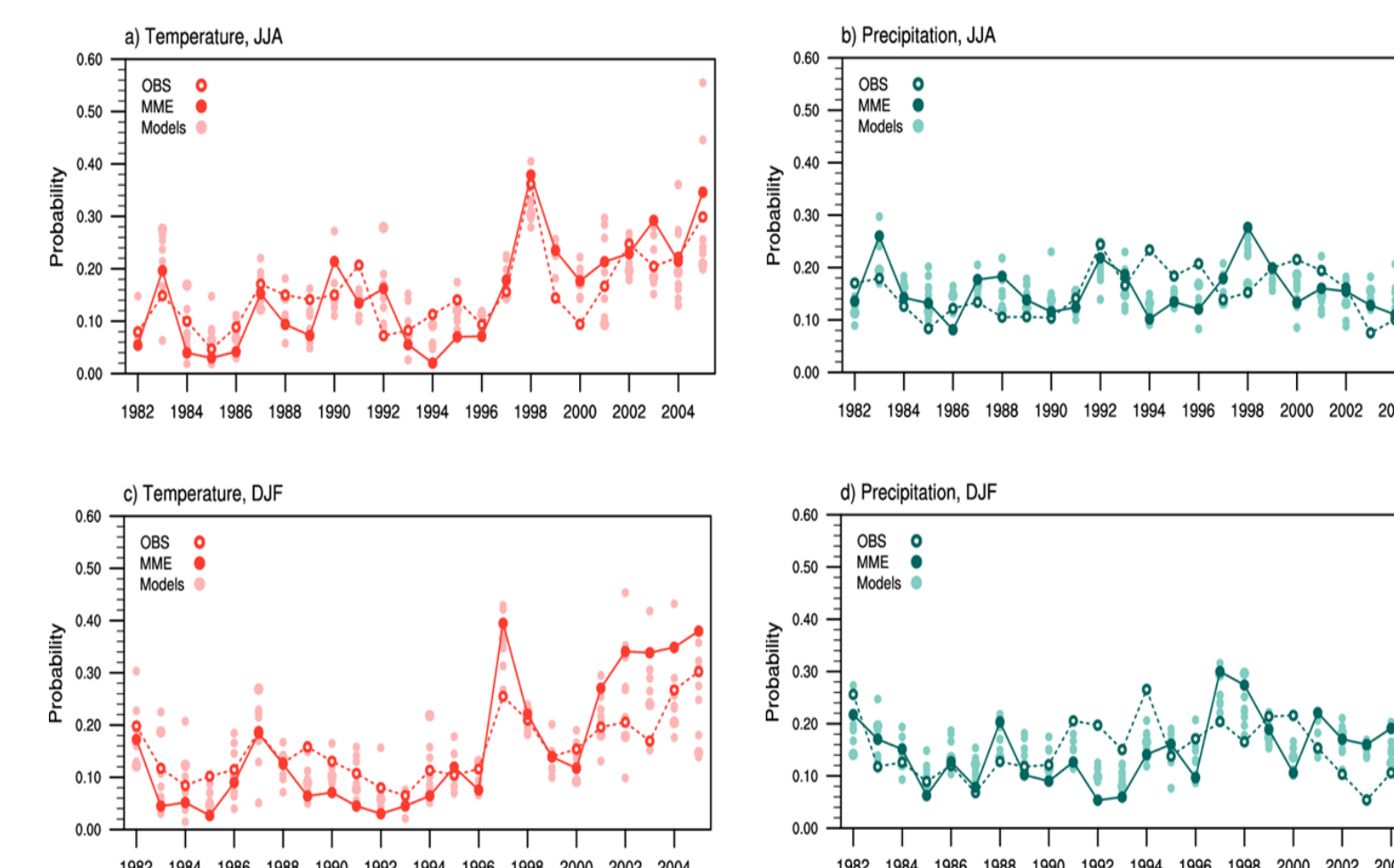


Fig.3 Interannual variability of the upper 15% extremes for JJA/DJF temperature (a, c) and precipitation (b, d) during the period 1982-2005 from the individual models (circle) and their simple averaged MME (solid line), with the corresponding observation (dashed line).

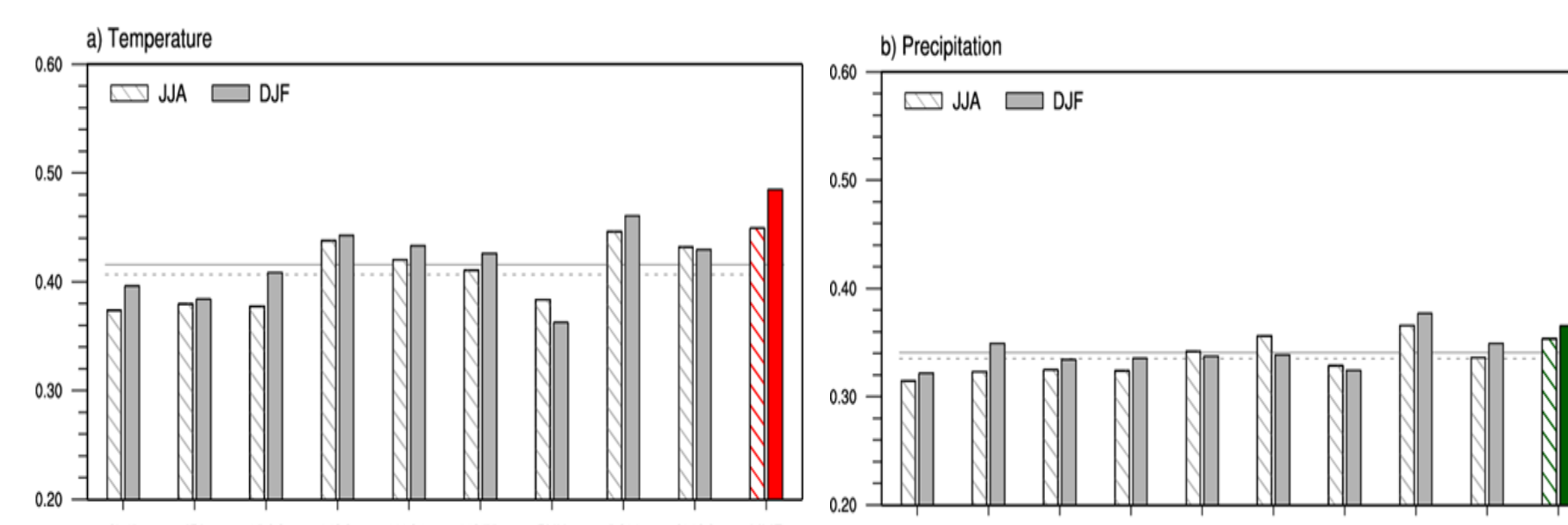


Fig.4 Symmetric Extremal Dependency Index (SEDI) of upper 15% extremes for JJA/DJF a) temperature and b) precipitation from individual models and MME. Dashed (solid) line indicates the average of the individual models' SEDI in JJA (DJF) for the period 1982-2005.

- In deterministic sense, the individual models well capture the variation of extreme temperature and the MME shows better skill than individual models when considering overall performance across all seasons.
- However, in precipitation, it is failed to capture climate extreme even though MME using state of the art models.

5. Probabilistic forecast of seasonal climate extreme

Table 2 List of probabilistic multi-model ensemble approaches considered for this study.

Experiment	Description
MMEi_E	Probabilistic multi-model ensemble with average of individual models, with an empirical ranking method for estimation of forecast probability
MMEi_G	Probabilistic multi-model ensemble with average of individual models, with an Gaussian fitting method for estimation of forecast probability
MMEp_E	Probabilistic multi-model ensemble forecast based on an empirical ranking method by pooling together the individual models
MMEp_G	Probabilistic multi-model ensemble forecast based on a Gaussian fitting method by pooling together the individual models

Non-parametric vs. Parametric Method

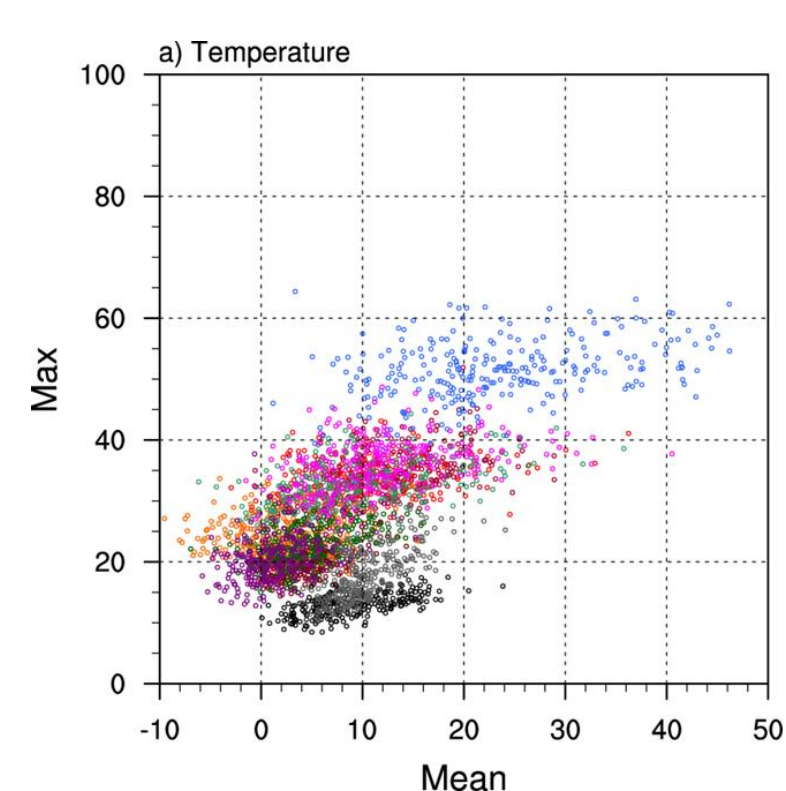


Fig.5 Difference in probability of upper 15% extremes for a) temperature from two different methods (EMP and GAUS) to estimate forecast probabilities.

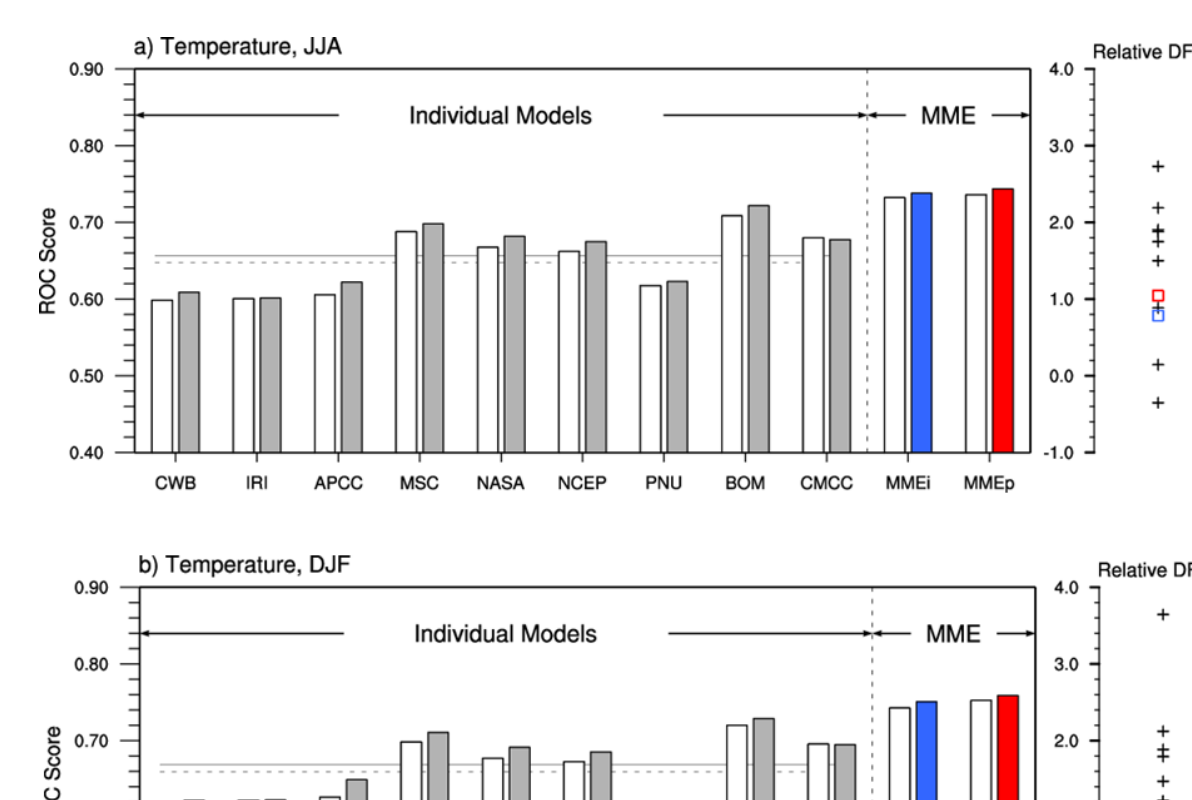


Fig.6 ROC score aggregated over globe of probabilistic forecast of upper 15% extremes for a) JJA and b) DJF temperature.

- Parametric Gaussian fitting method in estimation of forecast probability is a slight superiority comparing to empirical ranking method.
- Pooling approach outperforms comparing to another method, which is to separately compute a probabilistic forecast for each individual model and then combine them.

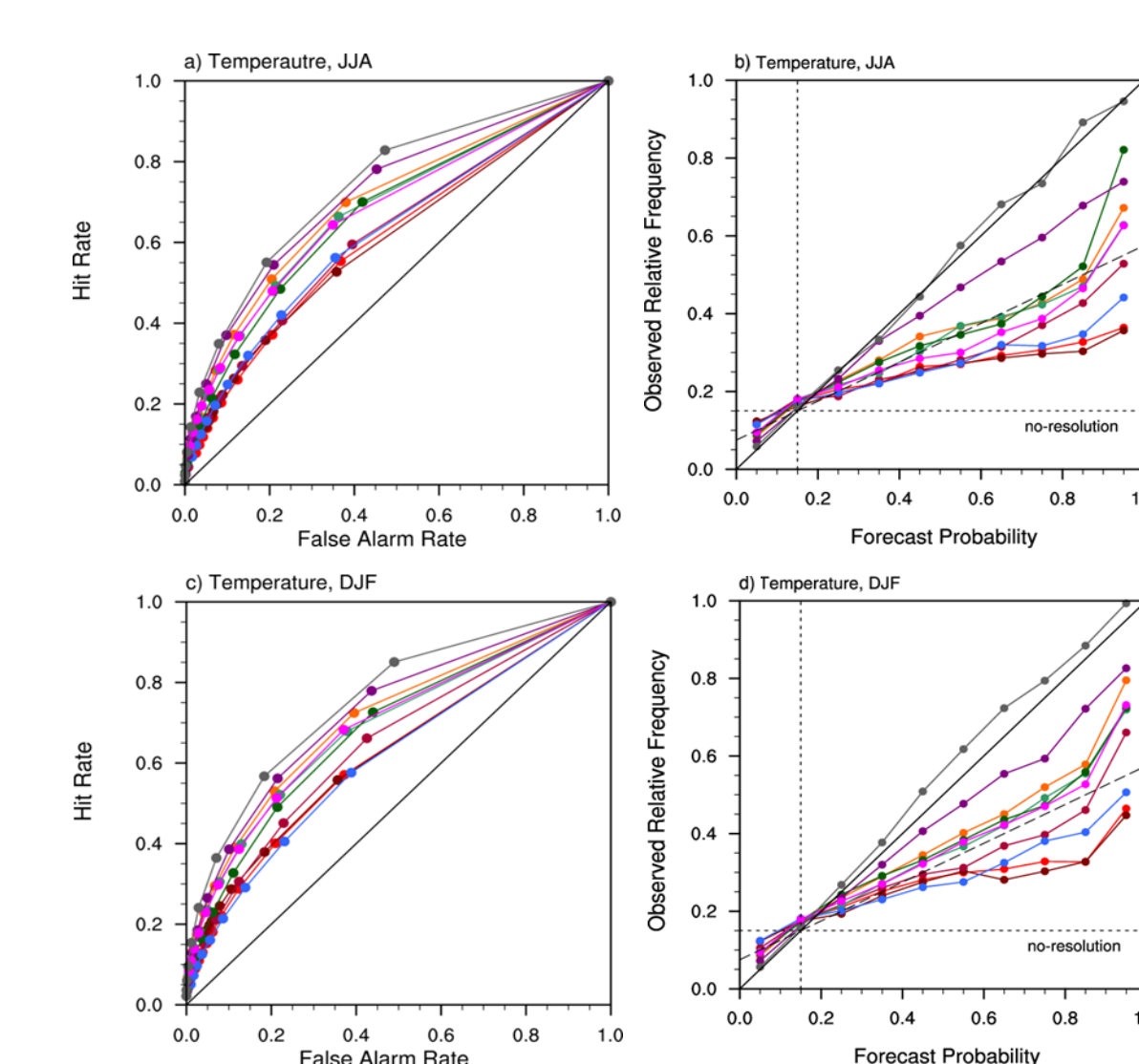


Fig.7 ROC curves and Reliability diagrams of MMEp predictions for JJA/DJF temperature (a, b /c, d) based on GAUS method.

Sensitivity experiments on different percentiles (10/15/20%)

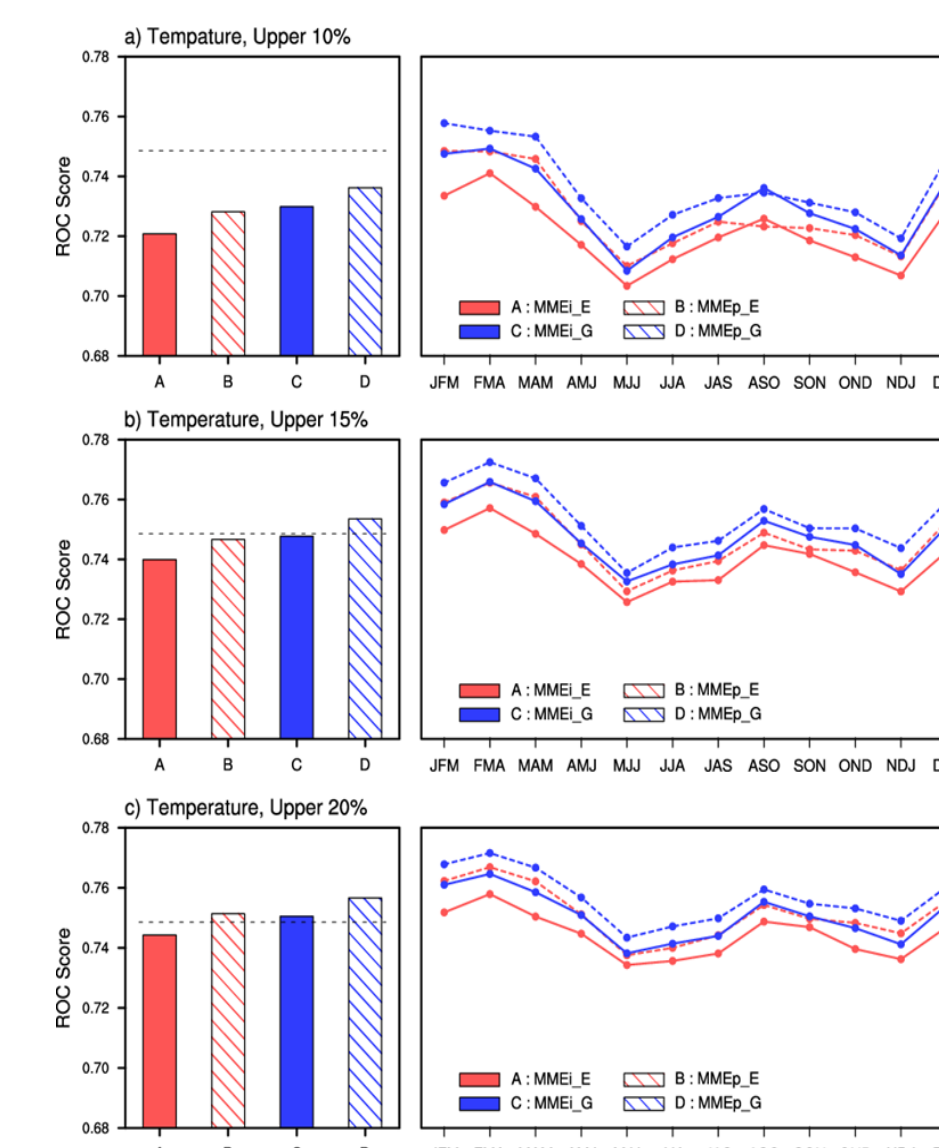


Fig.8 The aggregated ROC score over globe for different threshold of extreme temperature. Threshold is upper a) 10%, b) 15% and c) 20% from climatological distribution. Dashed line indicates the aggregated ROC score of tercile forecast (above normal).

- The threshold of upper and lower 15th percentile for the definition of extreme is appropriate when considering all aspects of the predictions from operational prediction system and the definition of "extreme".

6. Summary

- We examine the skill of probabilistic forecasts for climate extremes during the period 1982-2005, defined by upper and lower 15th percentile from climatological distribution, from individual models and MME in a both deterministic and probabilistic sense.
- The superiority of the multi-model concept is more clearly evidenced in a probabilistic framework.
- A parametric Gaussian fitting method and pooling approach is the most appropriate way to estimate forecast probability and to combine individual models' prediction for global climate extremes.
- The current prediction systems are capable to predict extreme temperature but the predictability of extreme precipitation on seasonal scale is still limited.