



기계학습을 이용한 우리나라 기온의 3개월 확률 예측

제3차 APCC 기후예측워크숍
세션3 기후예측 기술의 현업으로의 전환 및 기후정보 제공
2022.6.30.-7.1. 벅스코 부산

APEC기후센터 이진영



목차

I. 연구 개발

- 가우시안 프로세스 모델
 - 예측인자 도출
 - 모델의 검증

II. 공유 및 환류

- APCC-기상청 실무협력회의
 - 예보자 수요 반영

III. 현업화

- 현업활용 성능점검('21)
- 현업화('21 DEC-)

I. 연구 개발

- 가우시안 프로세스 모델
 - 예측인자 도출
 - 모델의 검증

I. 연구 개발

‘20-’21 『장기예보 객관화』

가우시안 프로세스 기계학습모델
(OLRAF-GP; Objective Long-
Range Forecasting model based
on Gaussian Processes) 개발

이상기후 장기예보 콘텐츠 개발
Developing Service Contents for Long-term
Extreme Climate Forecasts

김선태, 김대하, 김옥연, 명복순, 이은정, 이진영, 전종안
기후사업본부 기후분석과

2020.12.

APEC기후센터

현업 장기예보 정확도 향상을 위한 장기예보 지원체계 정립
Establishment of APCC-KMA collaboration system
for improving operational long-range forecast

김가은, 김옥연, 윤순조, 이성규, 이진영, 이현주, 정유림
기후사업본부 기후분석과

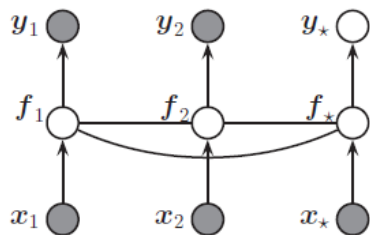
2021.12.

APEC기후센터

I. 연구 개발

가우시안 프로세스

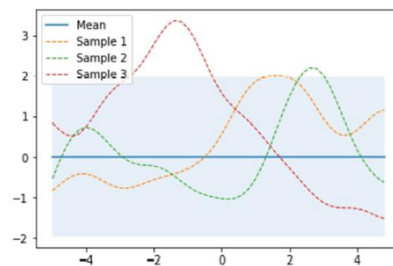
- **베이지안** 확률예측을 통해 불확실성 정보를 제공
- **비모수** 모수의 개수나 모수가 따르는 확률분포를 규정하지 않고 모든 가능한 함수를 고려하되 (관측된 자료에 의해) 더 그럴듯한 함수에 높은 사후확률 부여
- “확률과정(random process)으로 임의의 점 $x \in R^d$ 에서 확률변수 $f(x)$ 를 가지며 유한한 임의의 N개의 점의 결합확률분포 $p(f(x_1), \dots, f(x_N))$ 는 가우시안이라고 가정 (다변량 정규분포)”



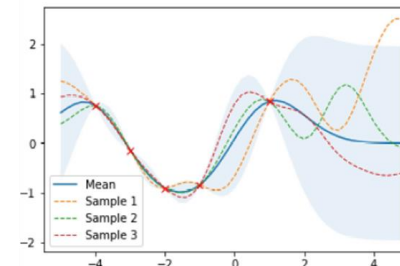
x_i 와 x_j 가 가까우면 $f(x_i)$ 와 $f(x_j)$ 도 가까울 것이라 가정



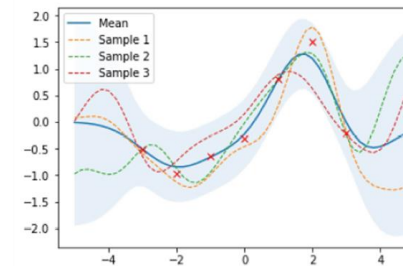
거리는 공분산함수(커널 κ)에 의해 결정



Three samples from prior



Three samples from posterior
Noise-free data



Three samples from posterior
Noisy data

출처: martin Krasser github

사후예측분포(새로운 x_* 에 대한 예측 f_*)

$$p(\mathbf{f}_* | \mathbf{X}_*, \mathbf{X}, \mathbf{y}) = N(\mathbf{f}_* | \boldsymbol{\mu}_*, \boldsymbol{\Sigma}_*)$$

$$\boldsymbol{\mu}_* = \mathbf{K}_*^T \mathbf{K}_y^{-1} \mathbf{y} \quad \boldsymbol{\Sigma}_* = \mathbf{K}_{**} - \mathbf{K}_*^T \mathbf{K}_y^{-1} \mathbf{K}_*$$

RBF 커널 사용

$$K_y = \kappa(X, X) = K$$

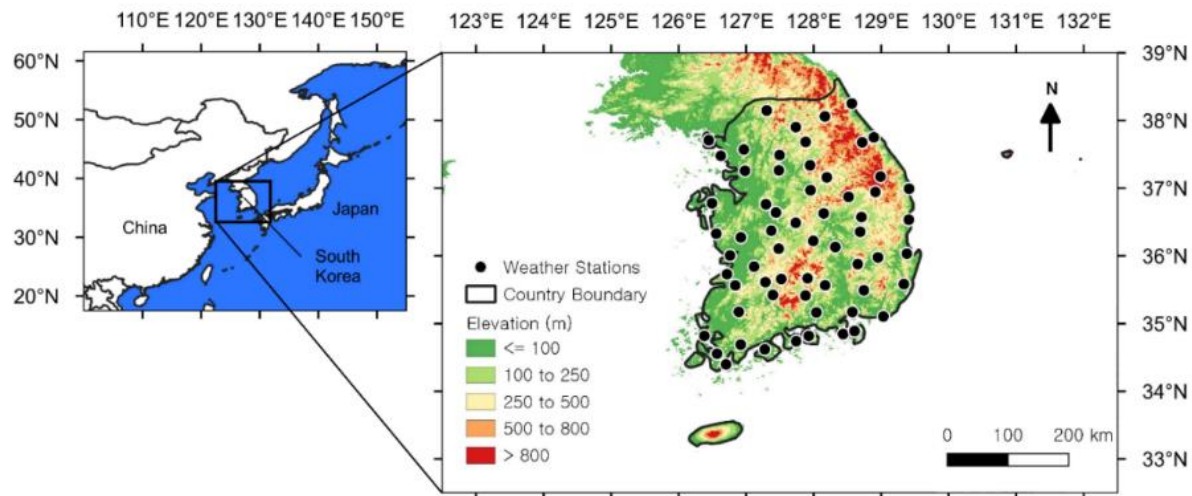
$$K_* = \kappa(X, X_*)$$

$$K_{**} = \kappa(X_*, X_*)$$

I. 연구 개발

OLRAF-GP 모델 Objective Long-Range Forecasting model based on Gaussian Processes

- **y, f, f* (목표변수)** 우리나라 평균, 최고, 최저기온
 - 개발 시 (5월에 예측한) 6, 7, 8월 평균, 최고, 최저기온 및 강수(SPI1)
 - 논문 게재는 5월에 예측한 6, 7, 8월 평균, 최고, 최저기온
 - 현업 활용 시 모든 월의 LT1-3 평균, 최고, 최저기온
 - APCC 3개월 예보토의 제공은 모든 월의 LT1-3 평균기온 및 강수(SPI1)



기준값은 전국 62개 ASOS
지점에서 일별 자료를 수집
하여 월별로 평균하여 사용

I. 연구 개발

OLRAF-GP 모델

- **X, X* (입력자료)** 우리나라 기온 및 강수 예측을 위해 활용하는 많은 변수들 및 지역
 - 장기예보 가이드선스 III (기상청, 2018) 활용 → **GP-PD (pre-determined)**
 - SST, 강수, 상향장파복사, 눈덮임, 해빙, 원격상관 지수, 대기 해양 지수 등 → **GP-OBS**
 - SST, 강수, 상향장파복사, 눈덮임, 해빙, 원격상관 지수, 대기 해양 지수 등 + APCC MME → **GP-MME**

| Variable | Region | Boundary | Monitoring month | Target month | Detrended correlation coefficients with TmM/TNm/TXm (1980-2013) |
|----------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|
| SCE | Northeast China | (103°-123°E, 45°-50°N) + (123°-133°E, 40°-50°N) | Mar | Jun | 0.7/0.46/0.65 |
| SST | Tropical west Pacific | (145°-180°E, 10°S-15°N) | Jan | Jun | 0.47/0.4/0.35 |
| Z500 | Eurasia | (10°-40°E, 25°-45°N) + (60°-90°E, 20°-50°N) - (0°-45°E, 55°-70°N) | Mar | Jul | 0.63/0.67/0.57 |
| SST | South Indian Ocean, Philippine Sea, east Indian Ocean | (90°-120°E, 40°-25°S) + (120°-140°E, 0°-20°N) - (90°-110°E, 10°S-5°N) | Apr | Jul | 0.53/0.53/0.48 |
| Z850 | Atlantic Ocean | (265°-300°E, 20°-40°N) - (255°-295°E, 50°-65°N) | Apr | Jul | 0.5/0.44/0.52 |
| PRCP | North of Australia | (110°-180°E, 20°-5°S) | May | Aug | 0.6/0.59/0.58 |
| SCE | East-West Asia | (105°-135°E, 48°-60°N) - (50°-70°E, 45°-55°N) | Apr | Aug | 0.37/0.35/0.38 |
| SST | North of Australia | (10°-14°E, 20°S-0°) | Feb | Aug | 0.52/0.51/0.48 |
| SST | Tropical Indian Ocean | (90°-105°E, 10°S-0°) | Apr | Jul | -0.2/-0.14/-0.24 |
| SCE | Manchuria | (120°-140°E, 40°-50°N) | Apr | Jul | 0.04/0.12/-0.01 |
| | | | Aug | Aug | 0.13/0.2/0.08 |
| SIA | Bering Sea | (180°-205°E, 55°-65°N) | Apr | Jul | 0.28/0.33/0.24 |
| | | | Aug | Jul | 0.27/0.38/0.23 |
| SST | North Atlantic Ocean | (320°-360°E, 55°-65°N) | Apr | Jul | 0.3/0.31/0.24 |
| | | | Aug | Aug | -0.3/-0.2/-0.33 |
| | | | | | -0.34/-0.27/-0.35 |

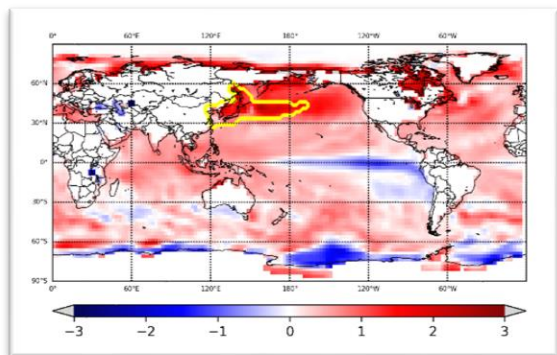
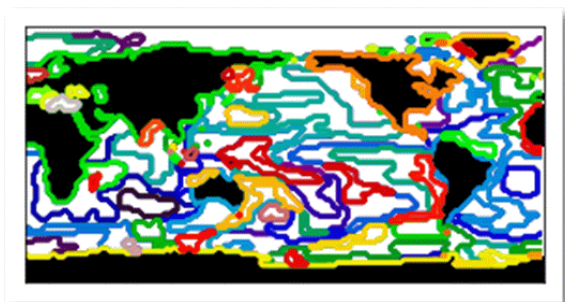
| Variable | Dataset | Origin centroid (top-left corner) | Data period used | | Reference |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | Resolution | Name | |
| Outgoing longwave radiation (OLR) | NOAA/NCEP/CPC GLOBAL monthly OLR | 90°N, 1.25°E | Type | | |
| Sea surface temperature (SST) | NOAA/ERSST V5 | 88.0°N, 0.0° | Sea ice area (SIA) | Barents Kara Laptev | Dec 1979-Apr 2020 |
| Precipitation (PRCP) | NOAA/GPCP V2.3 combined precipitation | 88.75°N, 1.25°E | Teleconnections | North Atlantic Oscillation (NAO) East Atlantic pattern (EA) West Pacific pattern (WP) East Pacific/North Pacific pattern (EP/NP) Pacific-North American pattern (PNA) East Atlantic/West Russia pattern (EA/WR) Scandinavia pattern (SCA) Polar/ Eurasia pattern (PE) Pacific decadal oscillation (PDO) Quasi-biennial oscillation (QBO) | Dec 1979-Apr 2020 |
| Snow cover extent (SCE) | NOAA climate data record (CDR) of Northern Hemisphere (NH) snow cover extent (SCE) V1 | 0.66°N, 145°E | of 60 Met (N) Fine | | Dec 1979-Mar 2020 |
| 500-hPa geopotential height (Z500) | NOAA NCEP-NCAR Reanalysis 1 | 90.0°N, 0.0° | Atmospheric indices | Southern Oscillation index (SOI) | Dec 1979-Apr 2020 |
| 850-hPa geopotential height (Z850) | | | | | 1951; Thompson Wallace (1998) h (1997) |
| MME sea surface temperature (MME SST) | APCC MME sst | 90.0°N, 0.0° | 2.5° (73 × 144) | Hindcast: Feb 1991-Dec 2010; Forecast: Jan 2014-Dec 2020 | Min et al. (2014), Min et al. (2017) |
| MME precipitation (MME PRCP) | APCC MME prec | | | | h and Stepaniak |
| MME 500-hPa geopotential height (MME Z500) | APCC MME z500 | | | | |
| | | | | | Tropical Northern Atlantic index (TNA) Dec 1979-Mar 2020 Enfield et al. (1999) |
| | | | | | Tropical Southern Atlantic index (TSA) Dec 1979-Mar 2020 Wang and Enfield (2001) |
| | | | | | Western Hemisphere warm pool (WHWP) Dec 1979-Mar 2020 Enfield et al. (2001) |
| | | | | | Atlantic multidecadal oscillation (AMO) Dec 1979-Mar 2020 Chiang and Vimont (2004) |
| | | | | | Atlantic meridional mode (AMM) Dec 1979-Feb 2020 |

GP-PD 기존의 연구결과로 도출된 인자 활용

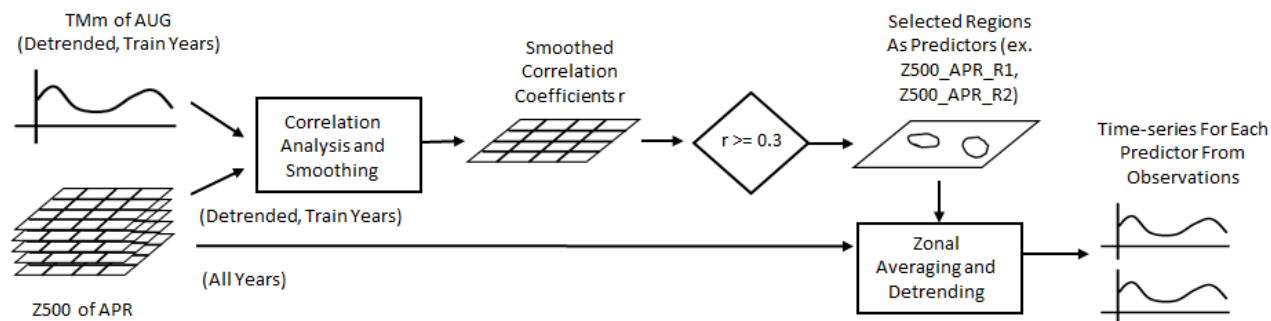
GP-OBS, GP-MME 객관적으로 도출된 인자 활용

I. 연구 개발

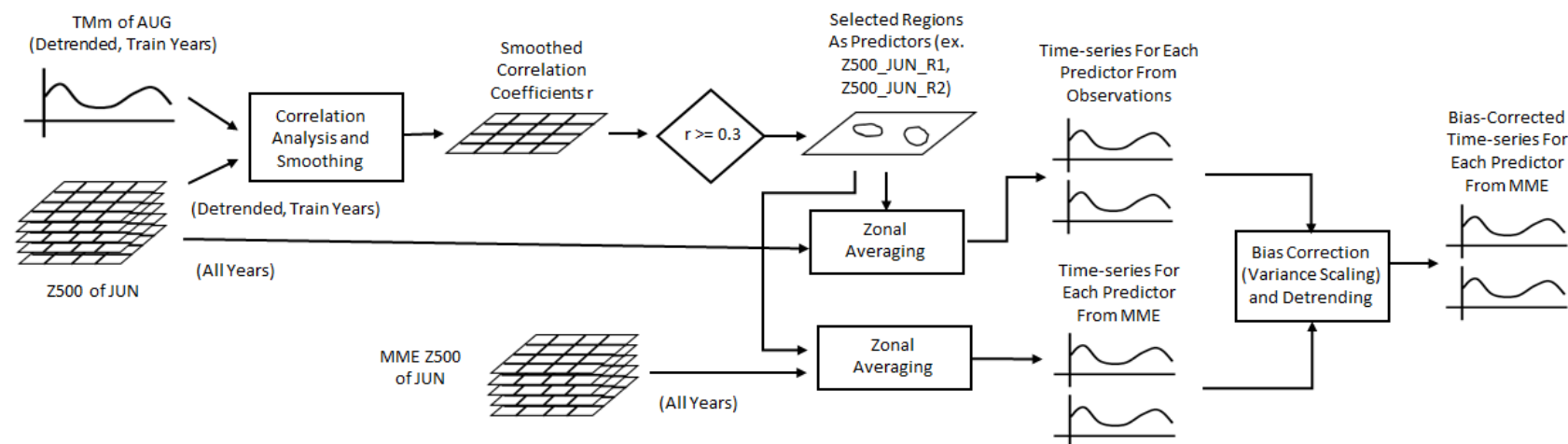
GP-OBS & GP-MME (객관적 인자도출)



(a) Selection of predictors from observations: Example for target variable Tm (target month: AUG) and predictor variable Z500 (monitoring month: APR)

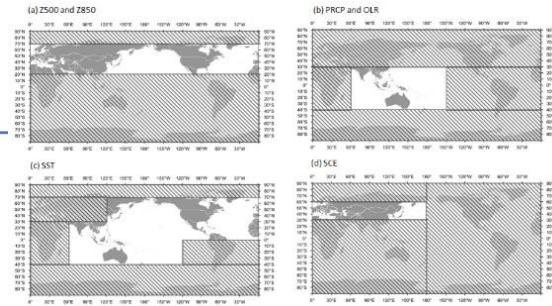


(b) Selection of predictors from MME: Example for target variable Tm (target month: AUG) and predictor variable Z500 (monitoring month: JUN)

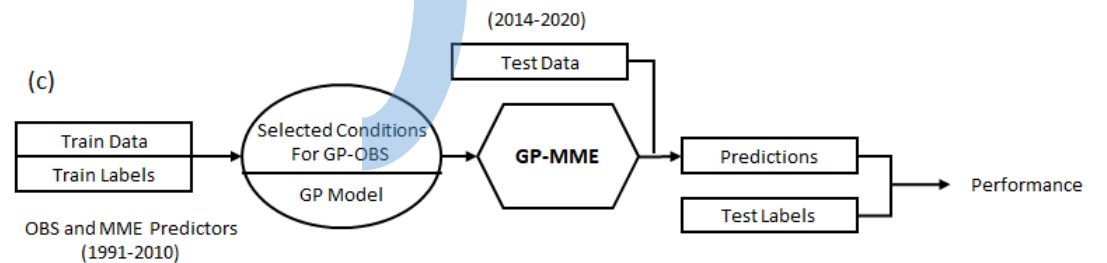
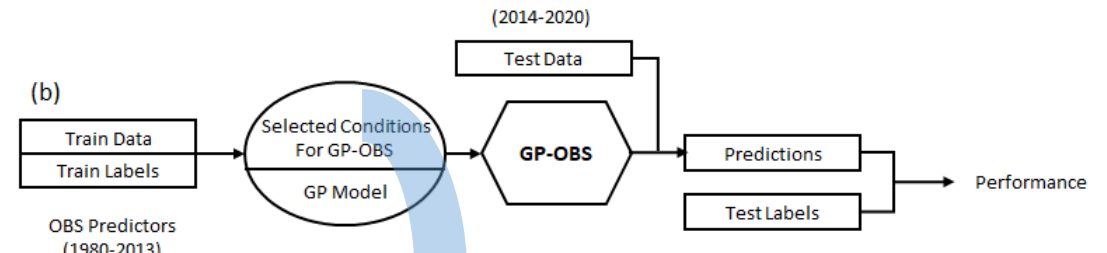
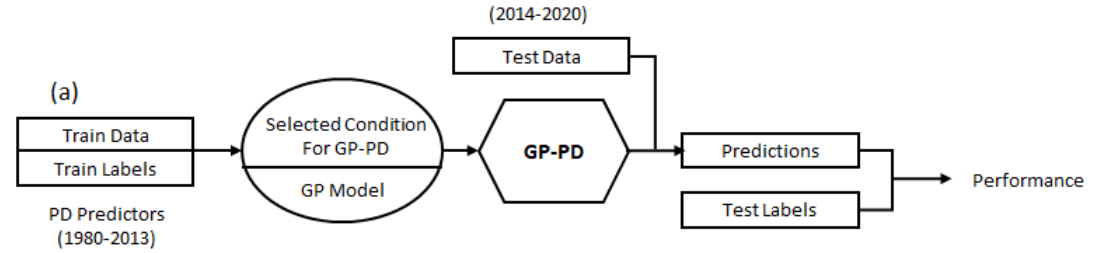
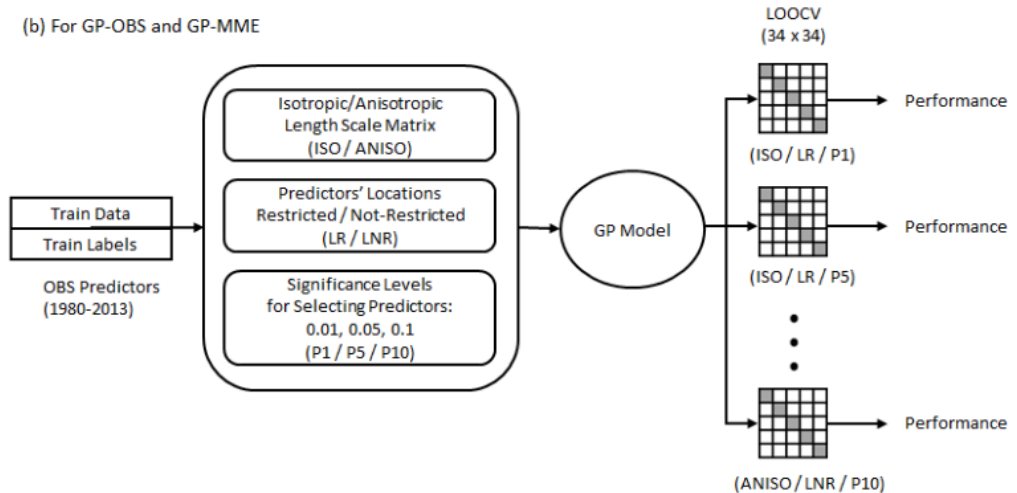
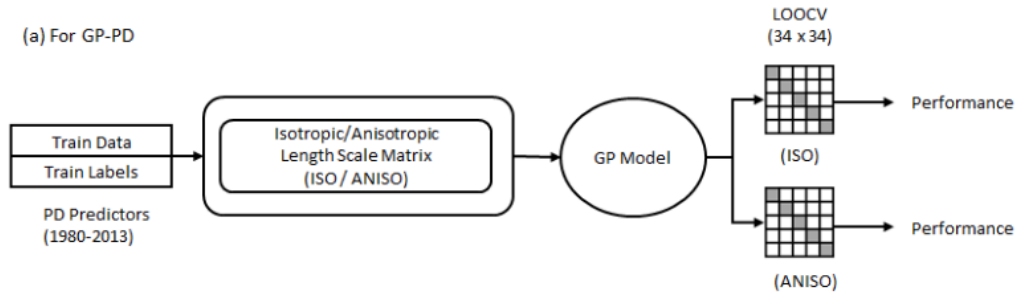


I. 연구 개발

OLRAF-GP 모델

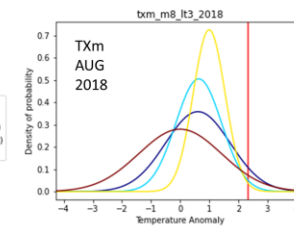
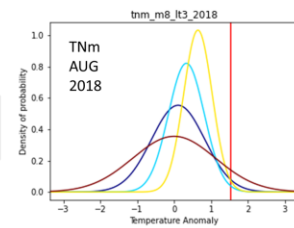
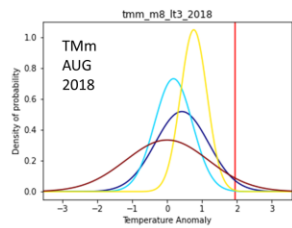
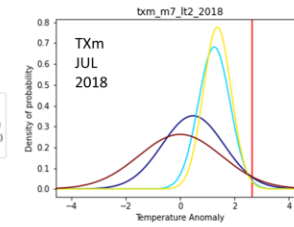
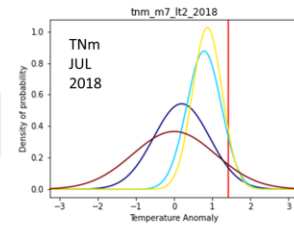
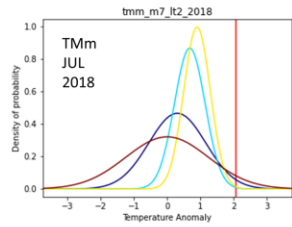
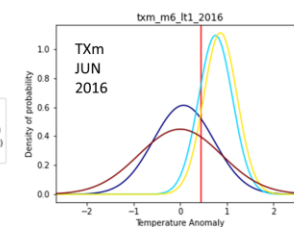
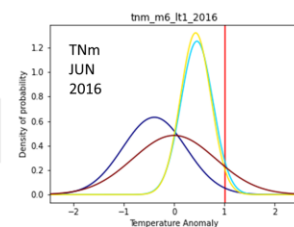
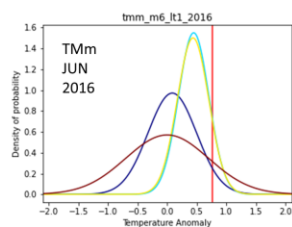
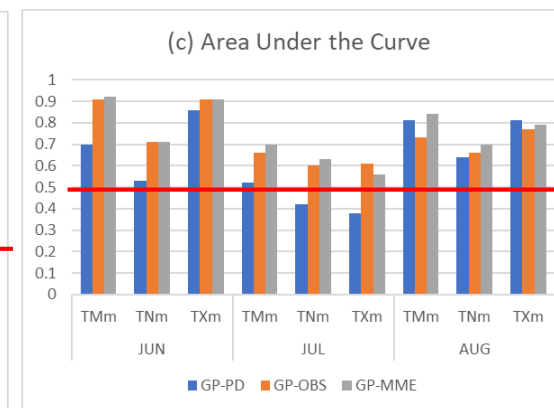
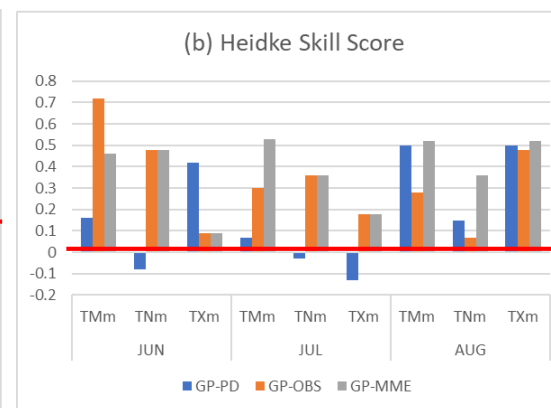
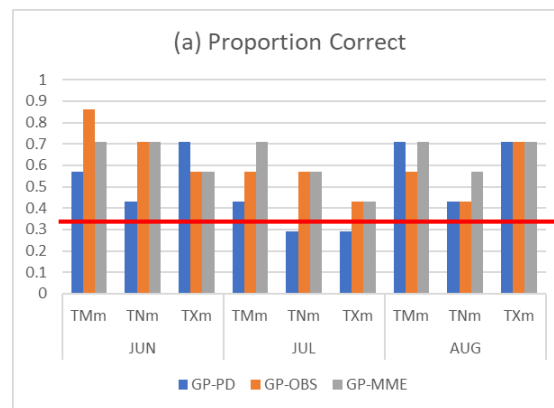


- 34년(1980-2014)의 leave one year out 교차검증: 커널의 초매개변수, 변수 적용 지역, 인자 선정 기준 결정
- 모델 성능 평가



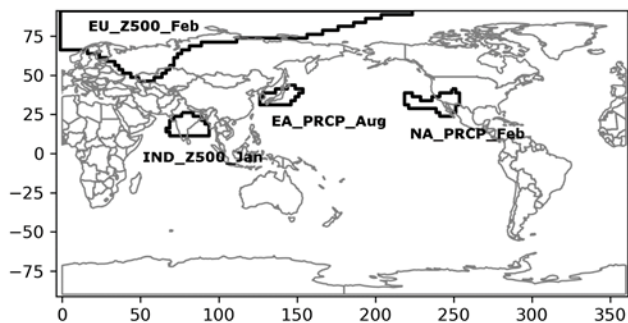
I. 연구 개발

모델 성능 (2014-2020)



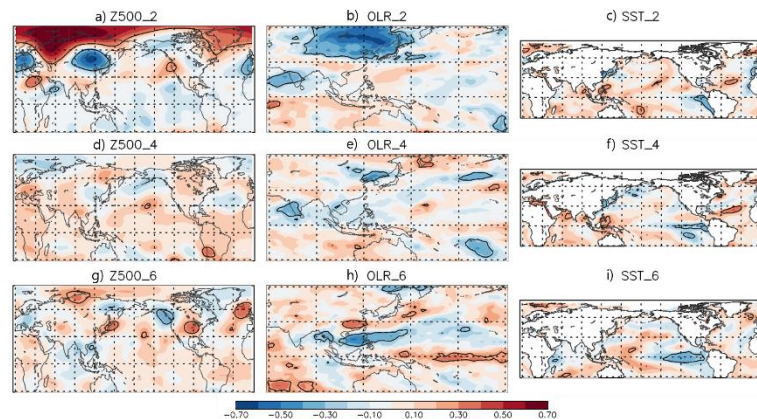
I. 연구 개발

예측인자의 역학/물리적 의미

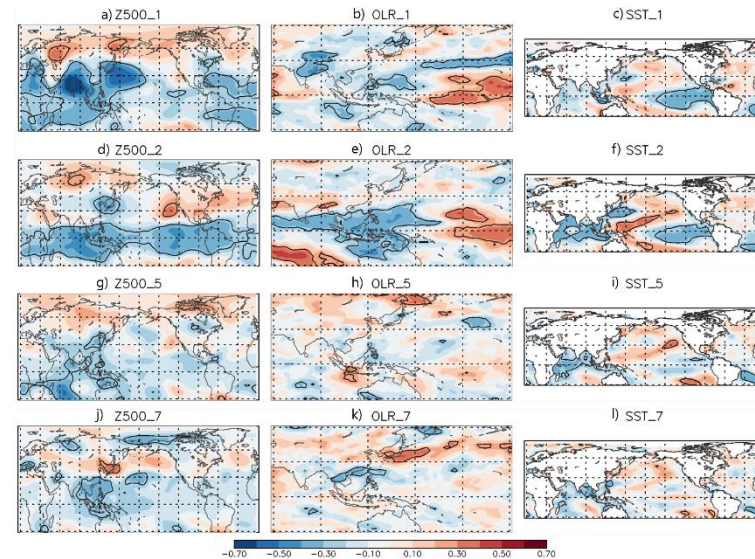
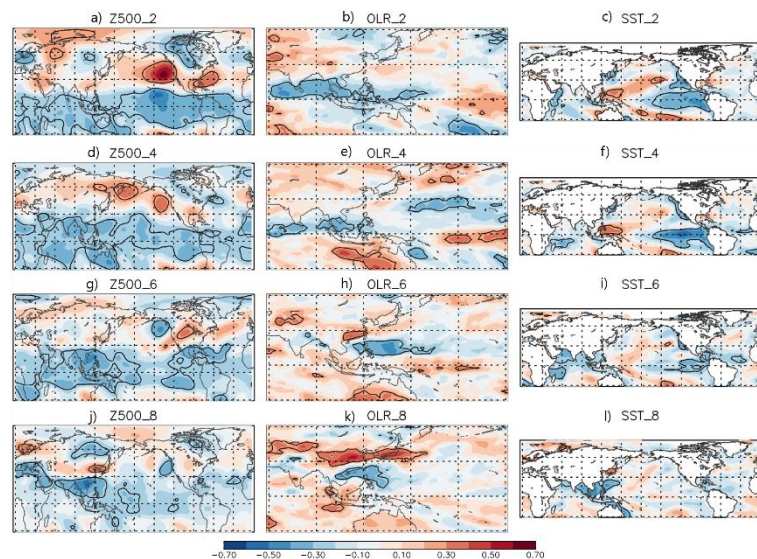


여름철 기온예측을 위해 도출된
주요인자 예시

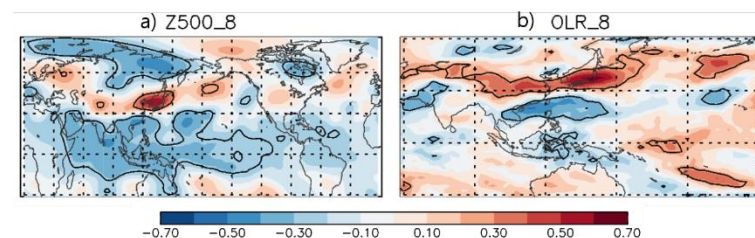
Rhee, J., and B. Myoung. 2022. Objective and probabilistic long-range forecasts of summertime air temperatures in South Korea based on Gaussian processes. *Weather and Forecasting* 37, 329–349.



The 41-yr correlations (1980–2020) of the EU_Z500_Feb with (a) Z500, (b) OLR, and (c) SST in February. The same data in (d)–(f) April and (g)–(i) June. Statistical significance at the 95% level is indicated by solid black lines. Dashed lines indicate latitude and longitude lines with 308 intervals.



The 41-yr correlations (1980–2020) of the IND_Z500_Jan with (a) Z500, (b) OLR, and (c) SST in January. The same data in (d)–(f) February, (g)–(i) May, and (j)–(l) July. Statistical significance at the 95% level is indicated by solid black lines. Dashed lines indicate latitude and longitude lines with a 308 interval.



The 41-yr correlations (1980–2020) of the EA_PRCP_Aug with (a) Z500 and (b) OLR in August. Statistical significance at the 95% level is indicated by solid black lines. Dashed lines indicate latitude and longitude lines with a 308 interval.

The 41-yr correlations (1980–2020) of the NA_PRCP_Feb with (a) Z500, (b) OLR, and (c) SST in February. The same data in (d)–(f) April, (g)–(i) June, and (j)–(l) August. Statistical significance at the 95% level is indicated by solid black lines. Dashed lines indicate latitude and longitude lines with a 308 interval.

II. 공유 및 환류

- APCC-기상청 실무협력회의
 - 예보자 수요 반영

II. 공유 및 환류

APCC-기상청 실무협력회의

2020년 제1차 기후예측기술 실무협력회의(2020.8.6-7)

실무자 회의(2020.10.15-16)

실무자 회의(2021.2.26)

2021년 제1차 기후예측 기술개발 분야 실무협력회의(2021.3.11)

2021년 제2차 기후예측 기술개발 분야 실무협력회의(2021.9.27)

실무자 회의(2021.11.11)

대면회의



기상청 기후예측과



기상청 현업운영개발부



APCC

II. 공유 및 환류

예보자 수요 반영

평균, 최고, 최저온도에 대해 제공

성능 평가를 위한 지역별 자료 제공

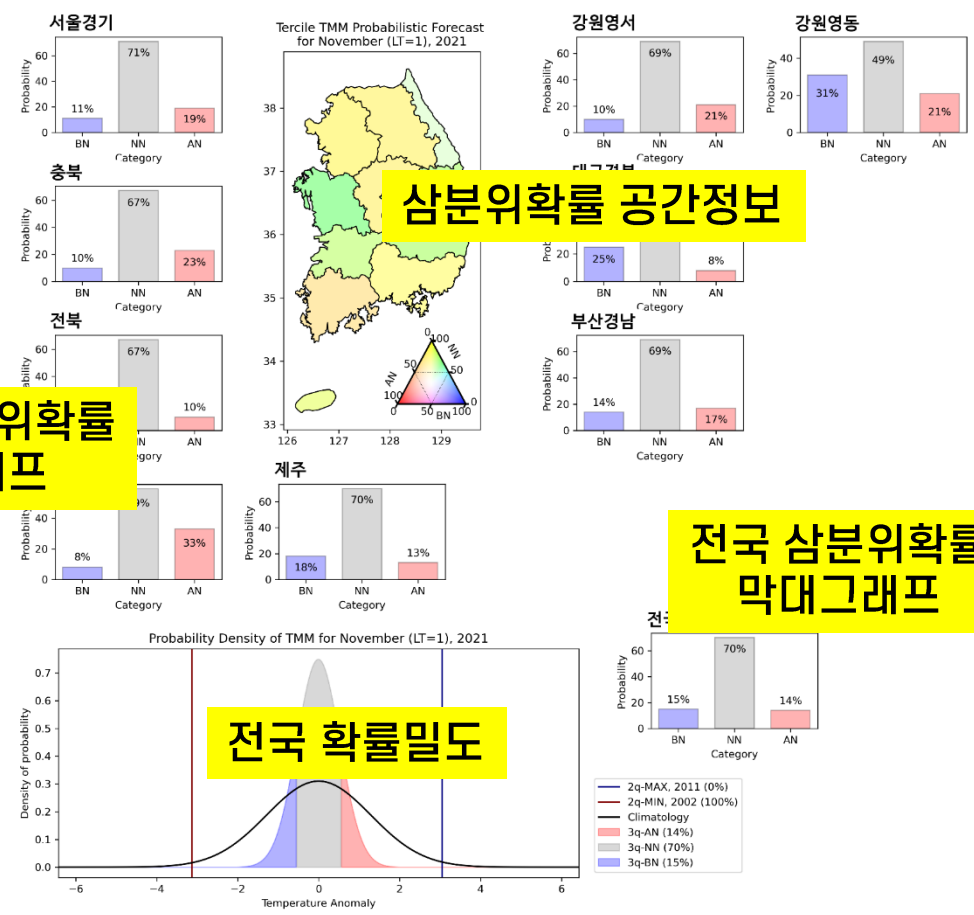
지역별 삼분위확률 막대그래프

삼분위확률 공간정보

전국 삼분위확률 막대그래프

전국 확률밀도

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|-----------|-----------|-------|-------|----|------|------|------|------|---|
| 1 | region_en | region_ko | index | month | lt | year | an | nn | bn | |
| 2 | sk | 전국 | tmm | 7 | 1 | 2022 | 0.5 | 0.38 | 0.12 | |
| 3 | sk | 전국 | tmm | 8 | 2 | 2022 | 0.52 | 0.31 | 0.17 | |
| 4 | sk | 전국 | tmm | 9 | 3 | 2022 | 0.53 | 0.26 | 0.21 | |
| 5 | sk | 전국 | tnm | 7 | 1 | 2022 | 0.43 | 0.39 | 0.18 | |
| 6 | sk | 전국 | tnm | 8 | 2 | 2022 | 0.53 | 0.34 | 0.14 | |
| 7 | sk | 전국 | tnm | 9 | 3 | 2022 | 0.73 | 0.17 | 0.09 | |
| 8 | sk | 전국 | txm | 7 | 1 | 2022 | 0.38 | 0.44 | 0.19 | |
| 9 | sk | 전국 | txm | 8 | 2 | 2022 | 0.46 | 0.28 | 0.26 | |
| 10 | sk | 전국 | txm | 9 | 3 | 2022 | 0.21 | 0.29 | 0.51 | |
| 11 | jeju | 제주 | tmm | 7 | 1 | 2022 | 0.33 | 0.42 | 0.25 | |
| 12 | jeju | 제주 | tmm | 8 | 2 | 2022 | 0.51 | 0.32 | 0.17 | |
| 13 | jeju | 제주 | tmm | 9 | 3 | 2022 | 0.71 | 0.18 | 0.11 | |
| 14 | jeju | 제주 | tnm | 7 | 1 | 2022 | 0.49 | 0.37 | 0.14 | |
| 15 | jeju | 제주 | tnm | 8 | 2 | 2022 | 0.68 | 0.24 | 0.09 | |
| 16 | jeju | 제주 | tnm | 9 | 3 | 2022 | 0.67 | 0.18 | 0.15 | |
| 17 | jeju | 제주 | txm | 7 | 1 | 2022 | 0.39 | 0.39 | 0.22 | |
| 18 | jeju | 제주 | txm | 8 | 2 | 2022 | 0.47 | 0.33 | 0.2 | |
| 19 | jeju | 제주 | txm | 9 | 3 | 2022 | 0.55 | 0.24 | 0.2 | |
| 20 | gw_yd | 강원영동 | tmm | 7 | 1 | 2022 | 0.3 | 0.43 | 0.27 | |
| 21 | gw_yd | 강원영동 | tmm | 8 | 2 | 2022 | 0.52 | 0.31 | 0.18 | |
| 22 | gw_yd | 강원영동 | tmm | 9 | 3 | 2022 | 0.27 | 0.28 | 0.45 | |
| 23 | gw_yd | 강원영동 | tnm | 7 | 1 | 2022 | 0.31 | 0.42 | 0.27 | |
| 24 | gw_yd | 강원영동 | tnm | 8 | 2 | 2022 | 0.37 | 0.35 | 0.29 | |
| 25 | gw_yd | 강원영동 | tnm | 9 | 3 | 2022 | 0.51 | 0.25 | 0.23 | |
| 26 | gw_yd | 강원영동 | txm | 7 | 1 | 2022 | 0.42 | 0.41 | 0.17 | |
| 27 | gw_yd | 강원영동 | txm | 8 | 2 | 2022 | 0.61 | 0.28 | 0.11 | |
| 28 | gw_yd | 강원영동 | txm | 9 | 3 | 2022 | 0.16 | 0.29 | 0.54 | |

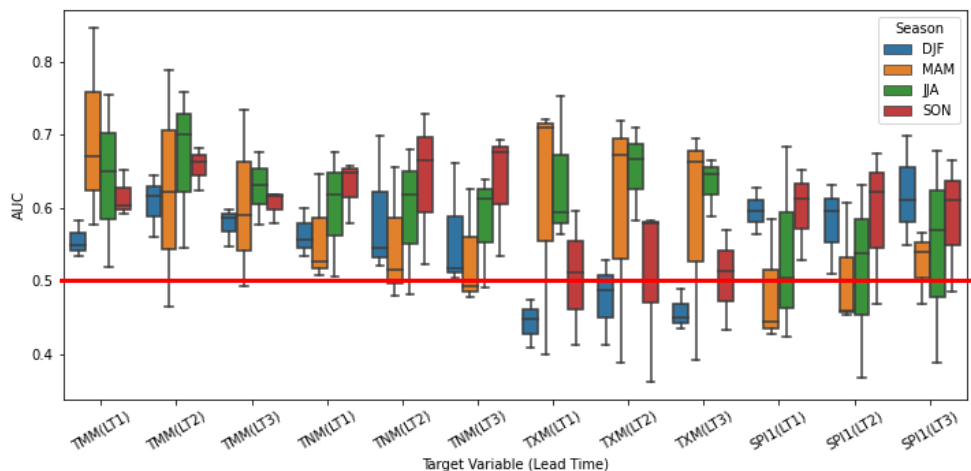
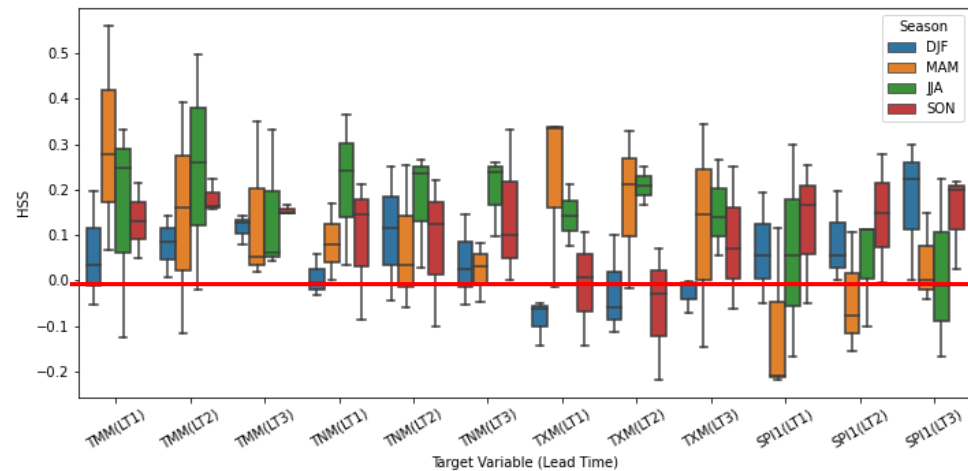
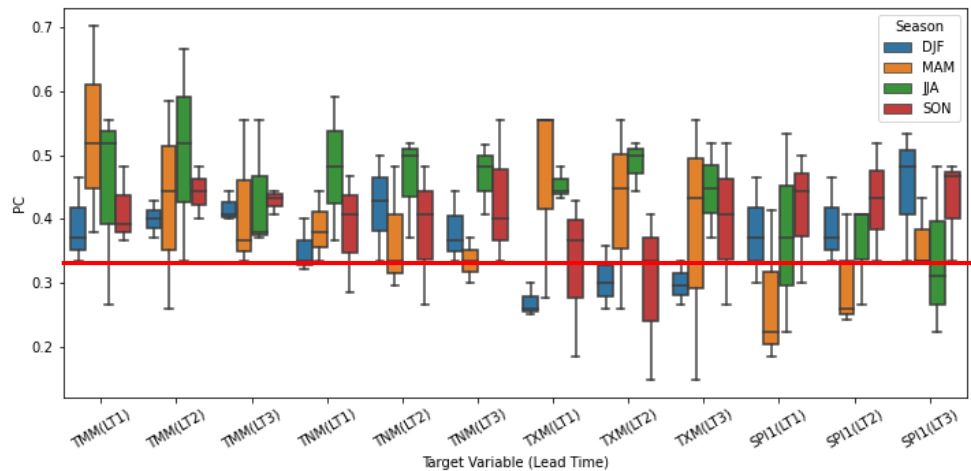


III. 현업화

- 현업활용 성능점검('21)
- 현업화('22)

III. 현업화

현업활용 성능점검('21) LOYOCV (1991-2020) 평균



III. 현업화

APCCDB 연계 (내부망): 기후자료 등재 및 관리 신청

기후정보통합위원회 수요조사

【 2021. 02 / 기후정보통합위원회 】

□ 개요
 APEC 기후센터 기후정보통합위원회에서는 연구개발에 필요한 공통 기후자료에 대한 수요를 조사하고자 합니다. 수요 조사는 많은 사용자가 원하는 기후자료 위주로 APCCDB 스토리지를 구축하고, 공통 기후자료의 효율적인 통합 관리를 위하여 오픈 바쁘시더라도 조사에 많이 참여해주시고요.

수요 조사에서 조사된 자료는 검토 후 위원회에서 관리할 수 있으니 구체적으로 작성 부탁드립니다. 수요조사 이후에는 기후자료 등재 절차에 따라 등재를 신청할 수 있습니다.

□ 소속과:

□ 자료 이용 현황
 다음 목록의 자료 중 지난 1년간 사용 경험이 있는 경우 작성해 주십시오. 사용한 데이터의 시간간격(월, 일 등), 변수를 작성 부탁드립니다(중복 체크 가능). 활용도가 낮은 자료는 스토리지가 부족할 경우 삭제될 수 있습니다.

| 분류 | 자료명 | 시간간격 (□ 월 □ 일) | 사용 변수 |
|------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------|
| Grid | APHRODITE | <input type="checkbox"/> 월 <input type="checkbox"/> 일 | |
| | CAMS_OPI | <input type="checkbox"/> 월 | |
| | CMAP | <input type="checkbox"/> 월 | |
| | CPC_GLOBAL_PRECIP | <input type="checkbox"/> 월 | |
| | CRU_TS_4.03 | <input type="checkbox"/> 월 | |
| | ERSST | <input type="checkbox"/> 월 | |
| | GPCP | <input type="checkbox"/> 월 <input type="checkbox"/> 일 | |
| | NOAA_OLR | <input type="checkbox"/> 월 | |
| | NOAA_SCE (snow cover extent) | <input type="checkbox"/> 주 | |
| | NOAA_SEAICE (concentration) | <input type="checkbox"/> 월 <input type="checkbox"/> 일 | |
| Reanalysis | OISST | <input type="checkbox"/> 월 <input type="checkbox"/> 일 | |
| | ECMWF/ERA-INTERIM | <input type="checkbox"/> 월 <input type="checkbox"/> 일 | |
| | ECMWF/ERA5 | <input type="checkbox"/> 월 <input type="checkbox"/> 일 □ 시 | |
| | MERRA2 | <input type="checkbox"/> 월 | |
| | NCEP1 | <input type="checkbox"/> 월 <input type="checkbox"/> 일 | |
| | NCEP2 | <input type="checkbox"/> 월 <input type="checkbox"/> 일 | |

기후자료 등재 및 관리 신청서

【 2021. 11. 02 】

□ 신청개요

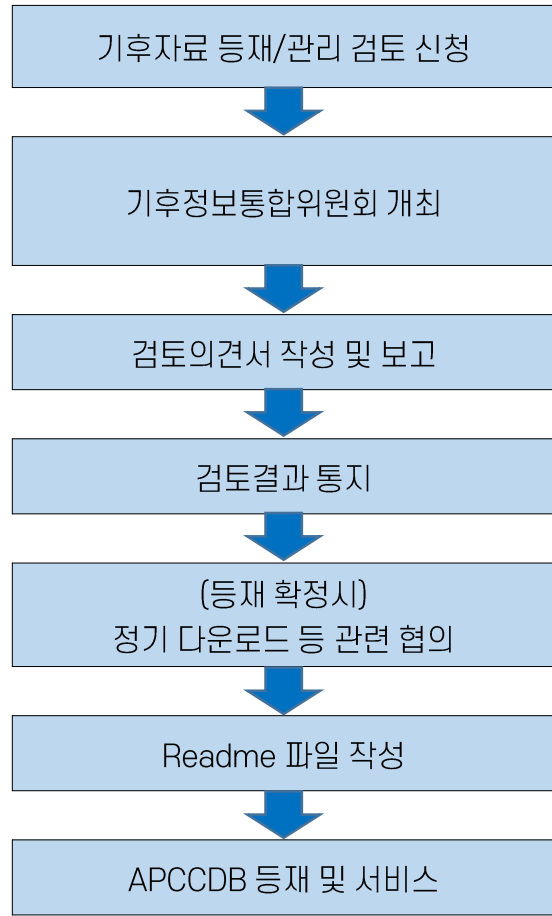
- 신청자(소속) : 이진영(기후분석과)
- 등재/신청내용 :

| 자료명 | 필요변수 | 스토리지 위치 ¹⁾ 및 다운로드 링크 |
|---------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Monitoring Index (확장 신청) | EA (East Atlantic) | <ul style="list-style-type: none"> • ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/tele_index.nh (EA, EP/NP, EA/WR, SCA, POL) • https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/dio/climate/pdo.tdt • https://psl.noaa.gov/data/correlation/whwp.data • https://psl.noaa.gov/data/correlation/amon.us.data • https://psl.noaa.gov/data/correlation/ammst.data |
| | EP/NP (East Pacific-North Pacific) | |
| | EA/WR (East Atlantic/Western Russia) | |
| | SCA (Scandinavia) | |
| | POL (Polar/Eurasia) | |
| | PDO (Pacific Decadal Oscillation) | |
| | WHWP (Western Hemisphere Warm Pool) | |
| | AMON (Atlantic Multidecadal Oscillation) | |
| | AMM (Atlantic Meridional Mode) | |

1) 개인이 다운로드 및 생산한 자료를 등재하려는 경우 APCC내 스토리지에서의 위치 표기

□ 자료내용 및 필요성

- 기후자료 상세내용 *필요시 관련 상세 문서 첨부
 - 자료명 및 요약설명명 : Monitoring Index, 확장 요청
- EA (East Atlantic)
- EP/NP (East Pacific-North Pacific)
- EA/WR (East Atlantic/Western Russia)
- SCA (Scandinavia)
- POL (Polar/Eurasia)
- PDO (Pacific Decadal Oscillation)
- WHWP (Western Hemisphere Warm Pool)



III. 현업화

반자동화 및 내부망 서버 탑재

```

***
Created on Mon Nov 8 13:18:25 2021
@author: Jinyoung Rhee (jyrhee@apcc21.org)
Copyright(c) 2022. APEC Climate Center. All rights reserved.
***
#-----
# main process
#-----
if __name__ == '__main__':
    import datetime
    import pathlib

    #curdir = 'd:/project/gp'
    curdir = '%s/gp'%pathlib.Path(_file_).parent.resolve()
    curyear = datetime.datetime.now().year
    curmonth = datetime.datetime.now().month
    curday = datetime.datetime.now().day

    #-----
    # Gaussian Processes
    #-----

    #=== predictand
    #--- asos
    print('updating predictand...')

    #read monthly data for asos stations
    from gp.predictand import asos_read
    asos_read.update_indices(curdir, curyear, curmonth)

    #regional average
    from gp.predictand import regions_avg
    regions_avg.get_regional(curdir, curyear)


    #get spil
    from gp.predictand import spil_regions
    spil_regions.get_spil(curdir, curyear)

    #=== predictors
    #--- obs and tele
    print('updating predictors: obs and tele...')

    #obs: seaice
    from gp.predictors.obs import seaice_nsidc
    seaice_nsidc.prepare_data(curdir, curyear)

```

운영매뉴얼 작성



Objective Long-Range Forecasting model based on Gaussian Processes using APEC Climate Center Multi-Model Ensemble data (OLRAF-GP-MME)

Operations Manual

가우시안 프로세스 기반 관측 및 APCC MME 자료를 이용한
우리나라 장기기후예측모델(OLRAF-GP-MME)

운영 매뉴얼

기후분석과 (현 세속기술과)

이진영 선임연구원

APCC기후센터

2022. 1. 5.

Version 1.0

1

소프트웨어 저작권 등록



저작권 등록증

| | |
|-----------------|---------------------------------------------------------------|
| 1. 저작물의 제호(명칭) | OLRAF-GP-MME(가우시안 프로세스 기반 관측 및 다중모델앙상블 예측자료를 이용한 장기기후예측 프로그램) |
| 2. 저작물의 종류 | 컴퓨터 프로그램저작물>응용프로그램>과학기술>시뮬레이션 S/W |
| 3. 저작자 성명(법인명) | 재단법인 에이텍기후센터 부산광역시 해운대구 선림7로 |
| 4. 생년월일(법인등록번호) | 180122-0007431 |
| 5. 창작연월일 | 2022년 01월 05일 |
| 6. 공표연월일 | - |
| 7. 등록연월일 | 2022년 01월 14일 |
| 8. 등록사항 | 저작자 : 재단법인 에이텍기후센터, 창작 : 2022.01.05 |

*저작권법, 제63조에 따라 휘와 길이 등록되었음을 증명합니다.

2022년 01월 17일

한국저작권위원회

학술지 게재: WAF (AMS)

MARCH 2022 RHEE AND MYOUNG 329

Objective and Probabilistic Long-Range Forecasts of Summertime Air Temperatures in South Korea Based on Gaussian Processes

JINYOUNG RHEE* AND BOGKSON MYOUNG*
* Climate Services and Research Division, APEC Climate Center, Busan, South Korea
(Manuscript received 2 September 2021, in final form 1 December 2021)

ABSTRACT. We propose the objective long-range forecasting model based on Gaussian processes (OLRAF-GP), focusing on summertime near-surface air temperatures in June (1-month lead), July (2-month lead), and August (3-month lead). The predictors were objectively selected based on their relationships with the target variables, either from observations (GP-OBS) or from observations and dynamical climate model results from APEC Climate Center multimodel ensemble (APCC-MME) for the period with no observed data (GP-MME). The performances of the OLRAF-GP models were compared with the model with predetermined predictors from observations (GP-PO), both GP-MME and GP-OBS outperformed GP-PO in June [Kilade: skill score (SSS) = 0.46, 0.72, and 0.16 for mean temperature] and July [SSS = 0.53, 0.3, and 0.07 for mean temperature]. Furthermore, GP-MME mostly outperformed GP-OBS and GP-PO in August [SSS = 0.52, 0.26, and 0.2, respectively, for mean temperature], implying larger contributions of the additional predictor from MME. OLRAF-GP models, especially GP-MME, are expected to better forecast summertime temperatures in regions where existing models have been struggling. We find that the physical processes associated with the notable predictors are aligned with those in previous studies, such as the attribution of the La Niña conditions in the previous winter, the related Indian Ocean capacitor effect, and the impacts of wintertime Polar/Eurasia pattern. These results imply that the mechanisms of the objectively selected predictors can be physically meaningful, and their inclusion can improve model performance and efficiency.

SIGNIFICANCE STATEMENTS. This study aims to improve the long-range probabilistic forecasting of summertime near-surface temperatures for regions where the climate variability is not sufficiently explained by well-known key predictor. We propose objective and probabilistic forecasting models that use objectively selected predictors other than observations or from observations and results of the dynamical climate model. The overall skill scores of the proposed models (overall SSS = 0.33, 0.39) for the case study site of South Korea are higher than the model with predetermined predictors (overall SSS = 0.19). We also find that the mechanisms of the objectively selected predictors can be physically meaningful, and their inclusion can improve model performance and efficiency.

KEYWORDS: Temperature; Climate prediction; Seasonal forecasting; Machine learning; Bayesian methods

1. Introduction

The importance of long-range forecasts is growing since climate extremes occur more frequently than the preindustrial period due to the impacts of climate change (IPCC 2012). While future climate information is critical to various sectors including energy, water resources, and agriculture (Kumar 2010; Sillman et al. 2017), the changing climate and more frequent climate extremes hinder the success of long-range forecasts unless we constantly update our understanding of the atmospheric and oceanic physical mechanisms (Sillman et al. 2017). The real-world representations of dynamical general circulation models (GCMs) have been evolved, and forecast skills for global key players, such as El Niño–Southern Oscillation (ENSO), have been much improved (e.g., Tang et al. 2018; van Oldenborgh et al. 2005). The future of dynamical climate models appears promising. However, there is still much scope in obtaining great skills, especially for extratropical regions (e.g., Gebert and Arntsen 1995; Harston et al. 1998; Ray et al. 2021). Global climate models are complex, requiring enormous computing power. Numerous statistical models and statistical–dynamical hybrid models have been developed, keeping pace with the persistent development of dynamical models for long-range forecasting to complement the dynamical-only models (e.g., Schepers et al. 2012; Rajouvan et al. 2007; van Oldenborgh et al. 2005; Baek et al. 2014). Various statistical models have been developed for long-range forecasts in South Korea and used along with dynamical climate models by the Korea Meteorological Administration (KMA 2019). Key predictors for monthly temperature and rainfall have been derived based on seasonal and monthly climatic characteristics of South Korea. Statistical models have been developed mainly using multiple linear regressions (MLR) (KMA 2019), and deterministic forecasts are produced based on these statistical models focusing only on South Korea for each month of interest. The models are relatively simple to use, do not require much computing resources, and perform well during the analysis period (KMA 2019). The models are updated regularly for operational purposes; regression coefficients of MLR models are renewed using the extended train set.

* Denotes content that is immediately available upon publication in an open access.

Corresponding author: Jinyoung Rhee, jyrhee@apcc21.org

DOI: 10.1175/WAF-D-21-0148.1
© 2022 American Meteorological Society. For information regarding reuse of this content and general copyright information, consult the AMS Copyright Policy (www.ams.org/PUBL/cp.html).

III. 현업화

현업화('22): 기상청 기후예측-분석 통합시스템

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>분석/예측(공간)</p> <p>한반도</p> <p>전세계(재분석장/예측장)</p> <p>HOVM(재분석장/예측장)</p> <p>모델 상호비교(KMA/UK/MERG/ECMWF)</p> <p>국외예측모델(ECMWF, JMA, CFS)</p> <p>기타자료분석(NOAA 기온, 강수)</p> <p>GTS(전세계 관측)</p> | <p>기후DB검색</p> <p>기후인자 시계열(월)</p> <p>한반도 관측 순위 & 시계열</p> <p>한반도 시계열 임의표출</p> <p>한반도 실황테이블</p> <p>한반도 극값·순위 조회</p> <p>해빙감시(분포, 순위, 시계열)</p> | <p>가이드스</p> <p>양상블(평균·최고·최저)기온 권역별 시계열</p> <p>Hybrid 블로킹(UM분석장 / GS예측장)</p> <p>TM 블로킹 (UM / NCEP 분석장)</p> <p>기온전망 시계열(1개월 전망)</p> <p>통계예측-II (3개월: 여름철, 겨울철)</p> <p>APCC 기계학습(3개월 전망)</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

정명하고 신뢰받는 기상청을 만들겠습니다.

기 상 청

수신자 APEC기후센터 원장 (경유)
 제목 APCC의 1, 3개월 전망 기술개발 현업화 계획 알림

1. 기후예측과-3122(2020.12.31., 주요업무 추진계획)호 관련입니다.

2. 우리 과에서는 다양한 기후예측 인자와 기후예측모델을 활용한 기계학습모델 및 전망 자료 자동화를 위한 기반기술 개발을 위해, APCC의 연구개발 결과를 현업화하고자 합니다.

가. 현업화 목록
 -(3개월) 가우시안 프로세스 기계학습모델을 활용한 3개월 전망 기술 개발
 -(1개월) 통계적 편차보정을 활용한 1개월 전망 기술 개발
 ※ 딥러닝 활용 1개월 전망 기술은 현업화를 위해, 예측기간·영역 확대 및 딥러닝 기법 개선 필요
 나. 현업화 계획: (웹 개발) '21.12~'22.01

붙임 APCC의 1, 3개월 전망 기술개발 현업화 계획 1부. 끝.

수신자

주무관 박정자 기상사무관 최철준 기후예측과장
 전담 11/24 조영숙

첨조자

시행 기후예측과-2606 (2021-11-24) 접수 예측문영과-1718 (2021.11.25.)
 우 07082 서울특별시 용역구 여의대방로16길 61. (신대방동. / http://www.kma.go.kr
 기상청)
 전화 02-2181-0451 전송 02-848-0365 // jpark1@korea.kr / 공개
 기후탄력사회를 위한 기상기후서비스 도약



감사합니다.

