

CMIP3マルチモデルにおけるヤマセに関連した 大規模循環場の再現性と将来変化

気象研・気候 遠藤洋和

謝辞:本研究は、環境省の地球環境研究総合
推進費(S-5-2)の支援により実施された。

1. 解析データ

● 解析したCMIP3モデル： 計18モデル

Model	Country	Atmospheric resolution (lat. x lon.)
cccma_cgcm3_1	Canada	2.8 x 2.8
cccma_cgcm3_1_t63	Canada	1.9 x 1.9
cnrm_cm3	France	1.9 x 1.9
csiro_mk3_0	Australia	1.9 x 1.9
csiro_mk3_5	Australia	1.9 x 1.9
gfdl_cm2_0	USA	2.0 x 2.5
gfdl_cm2_1	USA	2.0 x 2.5
giss_aom	USA	3.0 x 4.0
giss_model_e_r	USA	4.0 x 5.0
iap_fgoals1_0_g	China	2.8 x 2.8
ingv_echam4	Italy	1.1 x 1.1
inmcm3_0	Russia	4.0 x 5.0
ipsl_cm4	France	2.5 x 3.8
miroc3_2_hires	Japan	1.1 x 1.1
miroc3_2_medres	Japan	2.8 x 2.8
miub_echo_g	Germany, Korea	3.9 x 3.9
mpi_echam5	Germany	1.9 x 1.9
mri_cgcm2_3_2a	Japan	2.8 x 2.8

CMIP3: The World Climate Research Programme's (WCRP's) Coupled Model Intercomparison Project phase 3
第3期結合モデル相互比較マルチ気候モデル実験
(IPCC第4次報告書で使用された)

- 20C3M実験 1981～2000年
- SRES-A1B実験 2081～2100年
- dailyデータ
- 地上風、地上気圧
- 5～8月

● 再解析データ

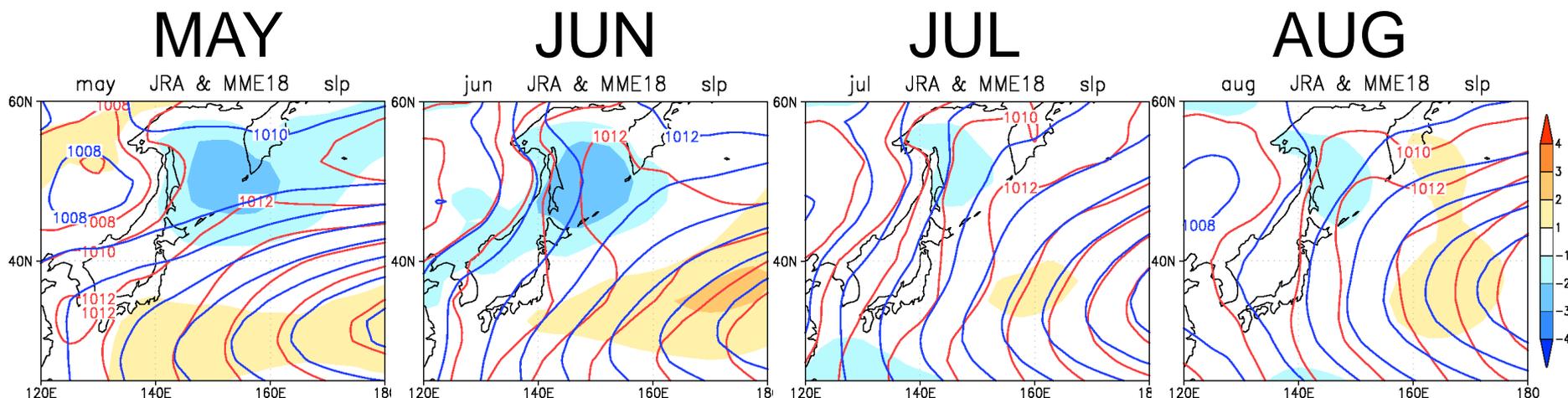
- JRA25
- NCEP



2. 現在気候の再現性

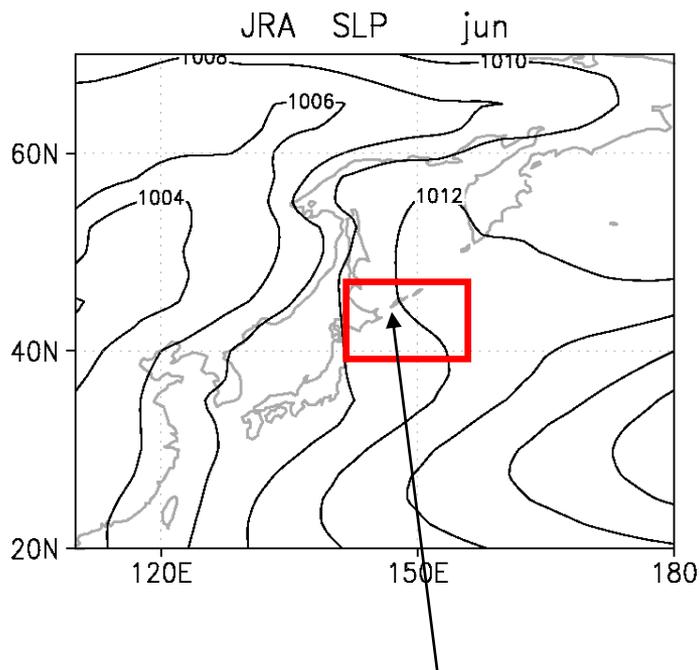
赤線: JRA
青線: MME18
陰影: モデルバイアス
(領域平均=0)

● 平均海面気圧 (MSLP) 分布

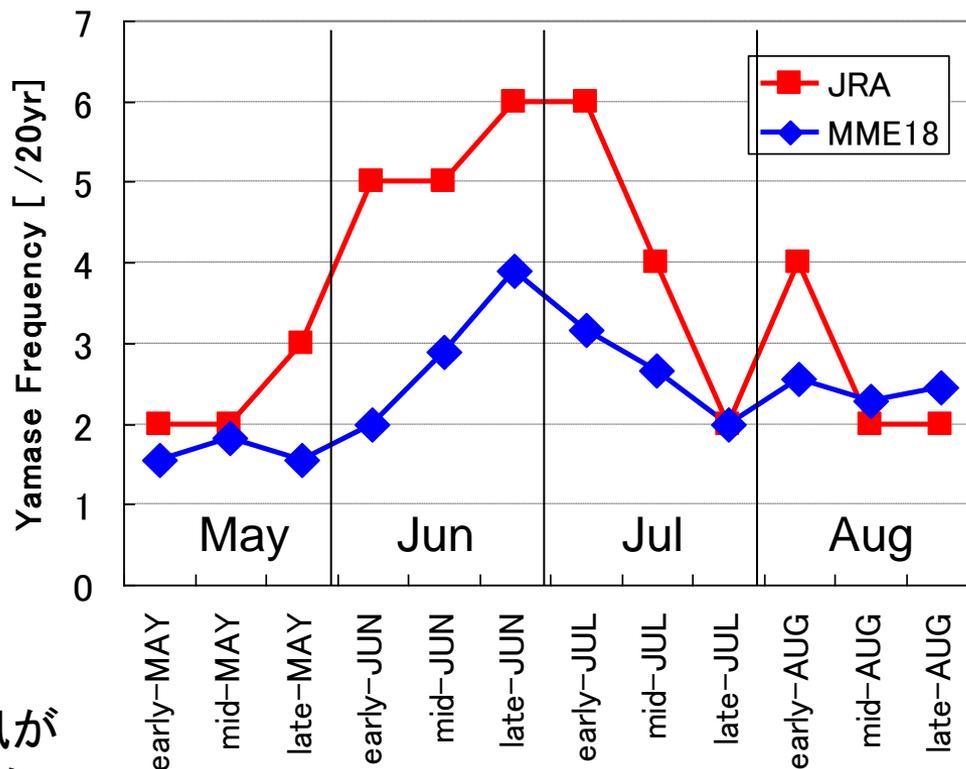


- ・ オホーツク海付近で負のバイアス
- ・ 亜熱帯高気圧が強いバイアス

● ヤマセ風の頻度



ヤマセ風の頻度(気候値)



領域平均(40-45N,142.5-155E)の地上風が北東風となる場合をヤマセ風発現とし、累年の旬平均値(20年分)から頻度を数える。

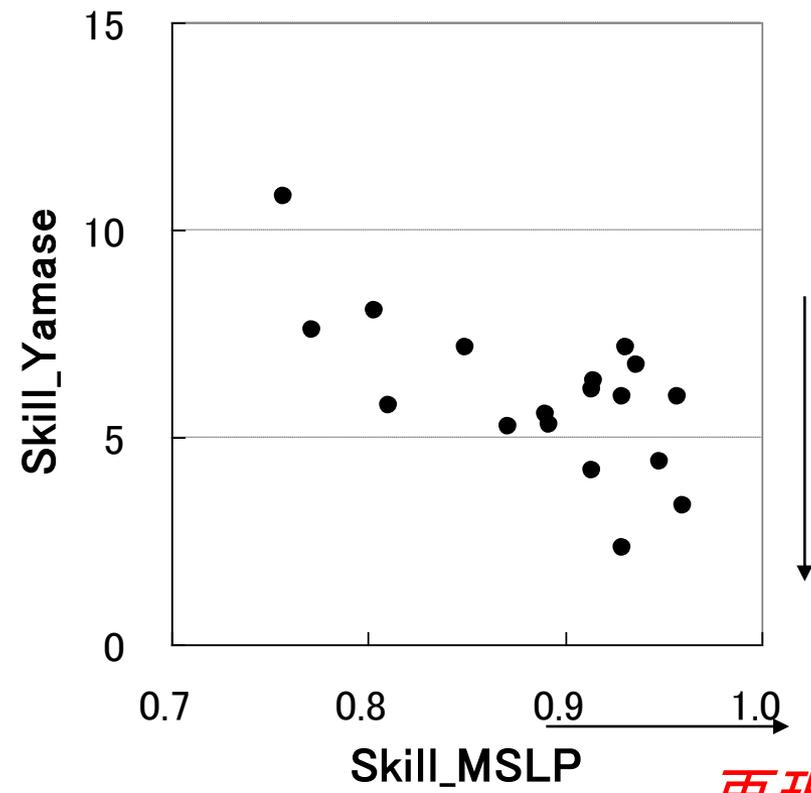
- ・ヤマセ風頻度は再解析値よりも少ない
- ・季節変化(6月下旬に頻度の極大)について適切に再現

● ヤマセ風の頻度

Model	Yamase frequency (/20yr)				
	May	Jun	Jul	Aug	May-Aug
cccma_cgcm3_1	2	3	5	4	14
cccma_cgcm3_1_t63	2	0	1	0	3
* cnrm_cm3	8	9	8	10	35
* csiro_mk3_0	5	13	8	12	38
* csiro_mk3_5	3	15	11	10	39
* gfdl_cm2_0	6	10	7	4	27
* gfdl_cm2_1	3	6	7	7	23
* giss_aom	1	7	8	5	21
* giss_model_e_r	11	20	4	4	39
iap_fgoals1_0_g	3	4	18	11	36
inmcm3_0	4	11	3	5	23
miroc3_2_hires	5	8	5	4	22
miroc3_2_medres	6	8	2	0	16
* mpi_echam5	6	7	4	2	19
mri_cgcm2_3_2a	6	14	18	19	57
ingv_echam4	2	4	6	9	21
ipsl_cm4	10	14	19	15	58
* miub_echo_g	6	5	7	10	28
 MME18 mean	4.94	8.78	7.83	7.28	28.8
 JRA	7	16	12	8	43

個々のモデルで見るとばらつきがとても大きい

● ヤマセ風頻度とMSLP分布の再現性の関係



両者に強い相関が見られる

再現性が高い

ヤマセ風頻度(縦軸): ヤマセ風頻度の5~8月の月別気候値のRMSE

MSLP分布(横軸): MSLPの5~8月の月別気候値分布(25~60N、120-180E)のスキルスコア平均(Taylor,2001)

$$S = \frac{4(1 + R)}{(\hat{\sigma}_f + 1/\hat{\sigma}_f)^2(1 + R_0)}$$

3-1. 将来変化: 18モデル (MME18)

● MSLPの変化

線: MME18平均
陰影: 正に変化するモデル数

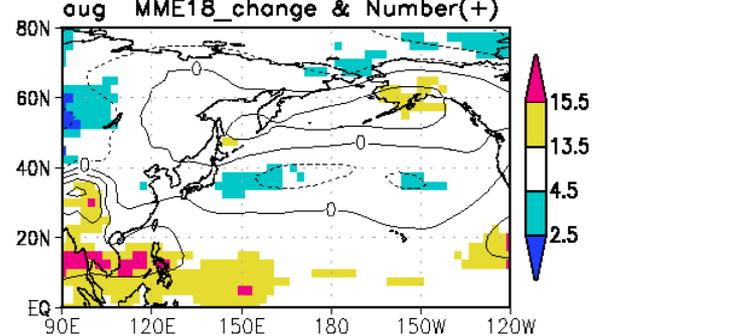
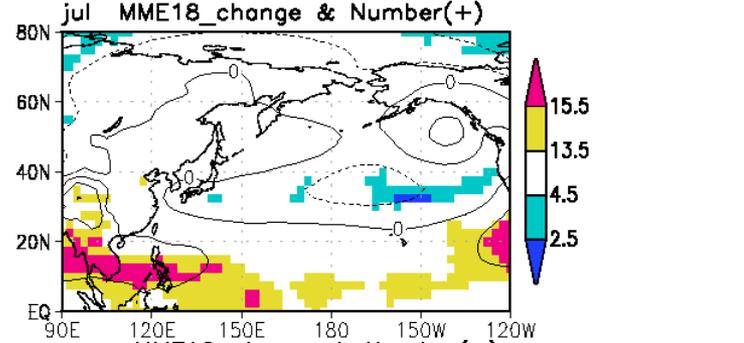
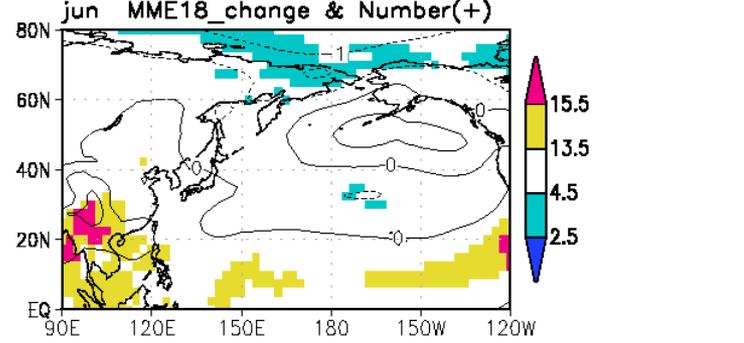
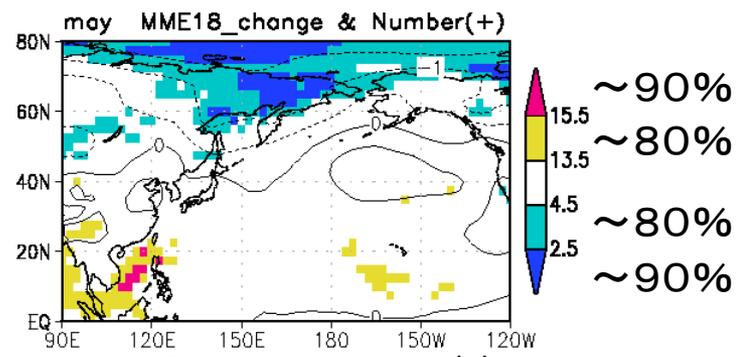
- 5月: 高緯度で低下
- 6~7月: 変化が小さい
- 8月: 北太平洋中緯度で低下
北太平洋高緯度で上昇

MAY

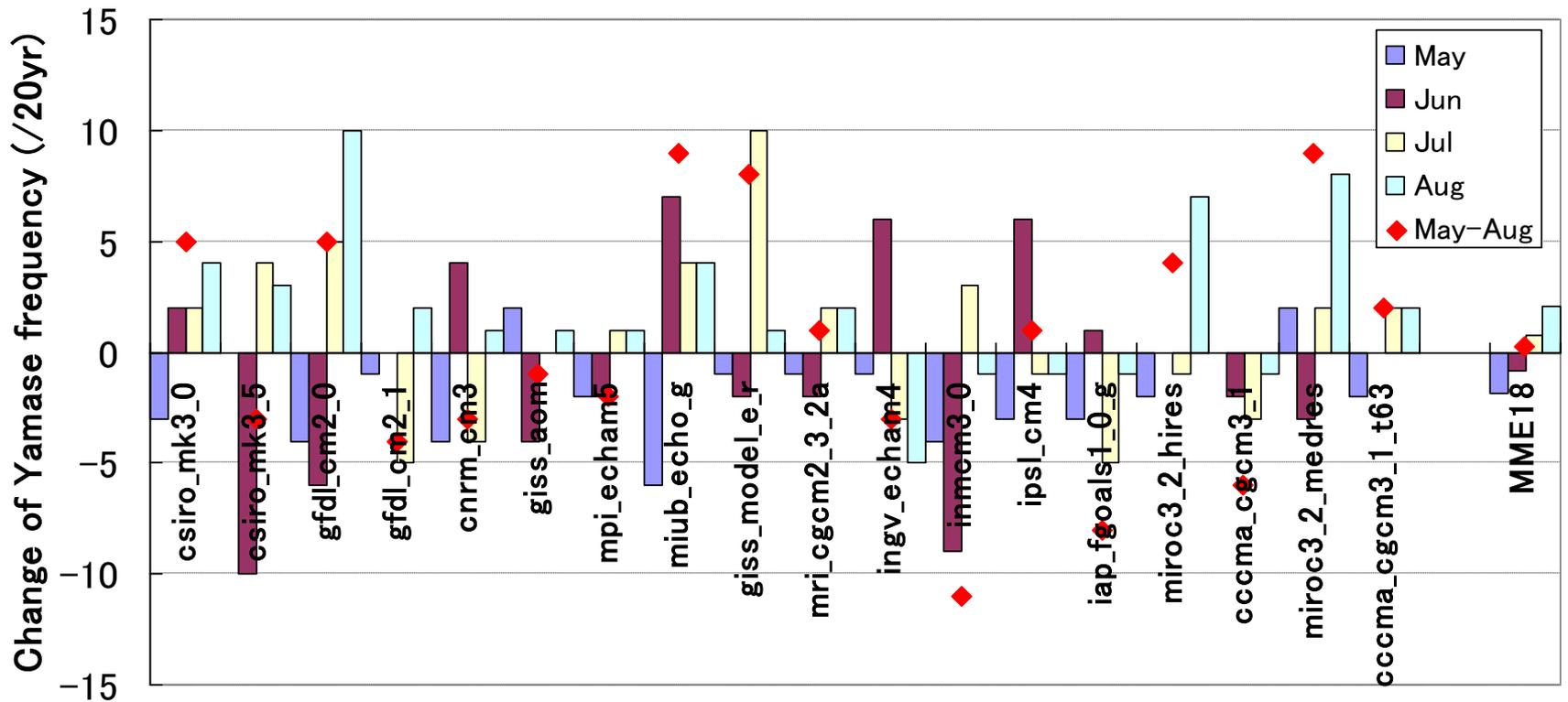
JUN

JUL

AUG



● ヤマセ風頻度の変化



- 5～8月合計値ではモデル間のばらつきが大きい
- 月別に見ると、多くのモデルは5月に減少、8月に増加。

3-2. 将来変化: 再現性の良い9モデル

(MME9hi)

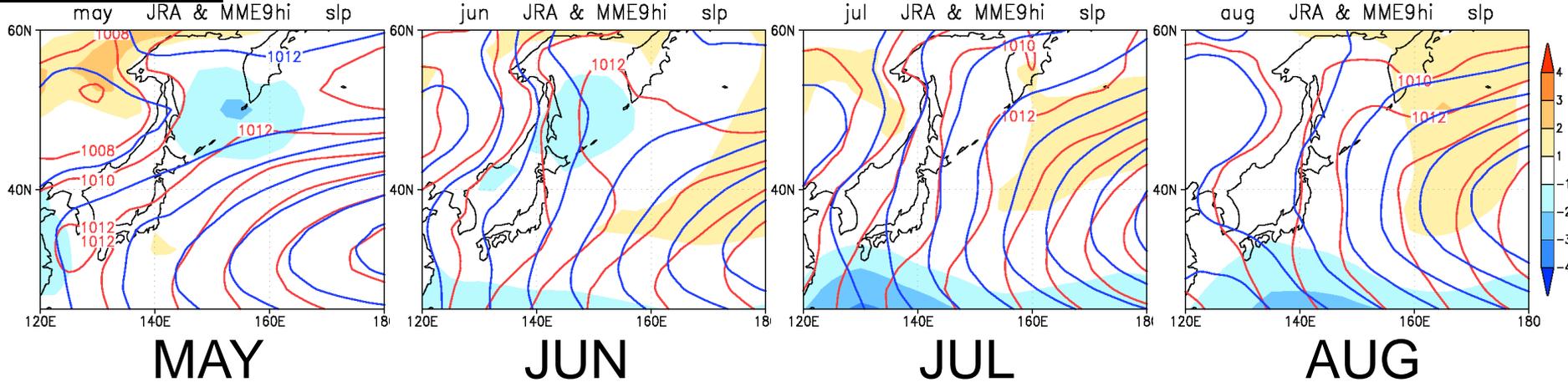
● MSLP分布の再現性

赤線: JRA

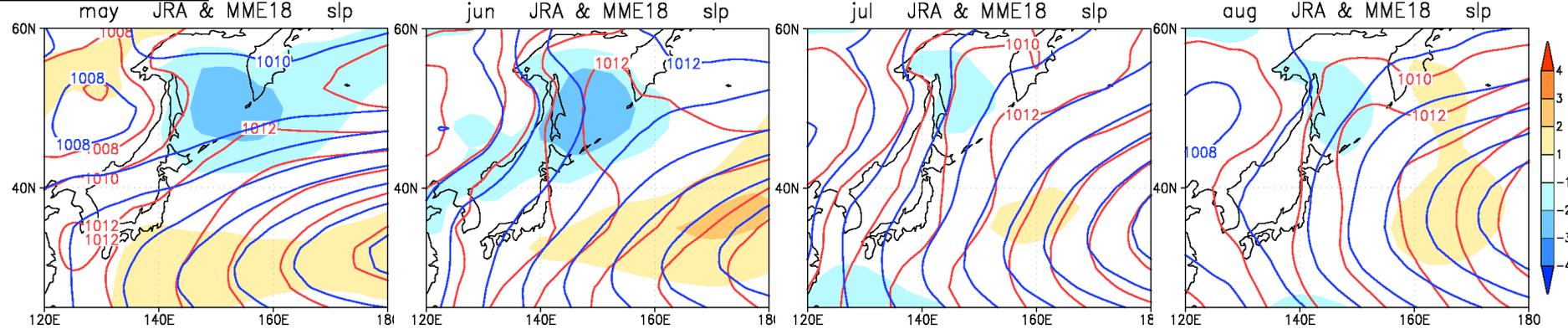
青線: MME18

陰影: モデルバイアス(領域平均=0)

MME9hi



MME18



MME9hiではオホーツク海付近の負のバイアスが改善

● 平均海面気圧の変化 (MME9hi)

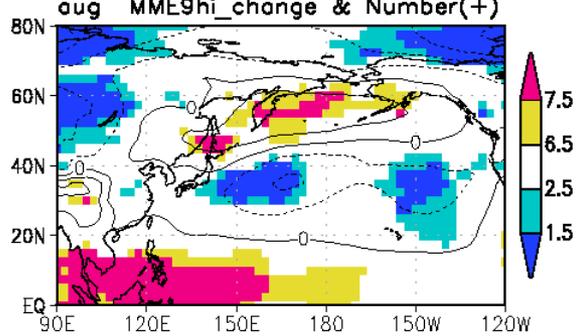
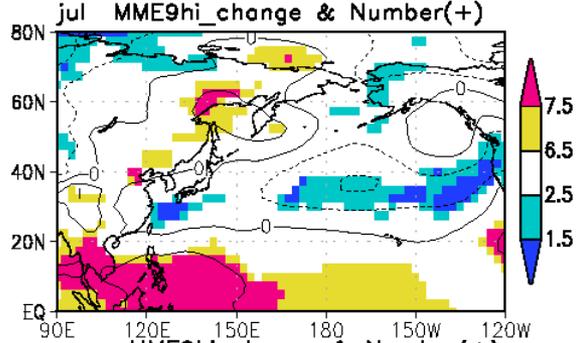
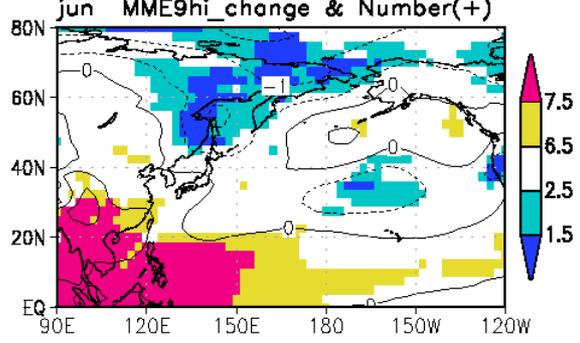
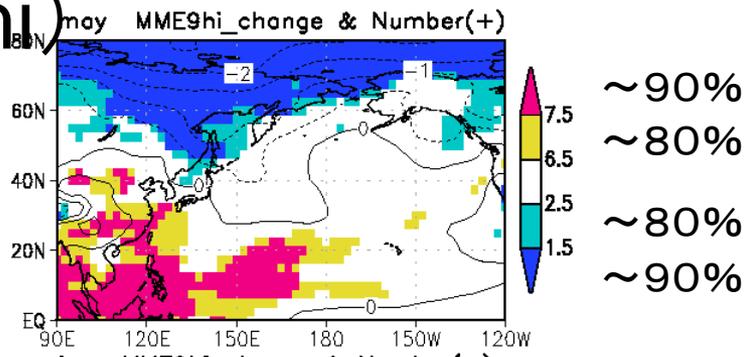
線: MME9hi平均
 陰影: 正に変化するモデル数

MAY

JUN

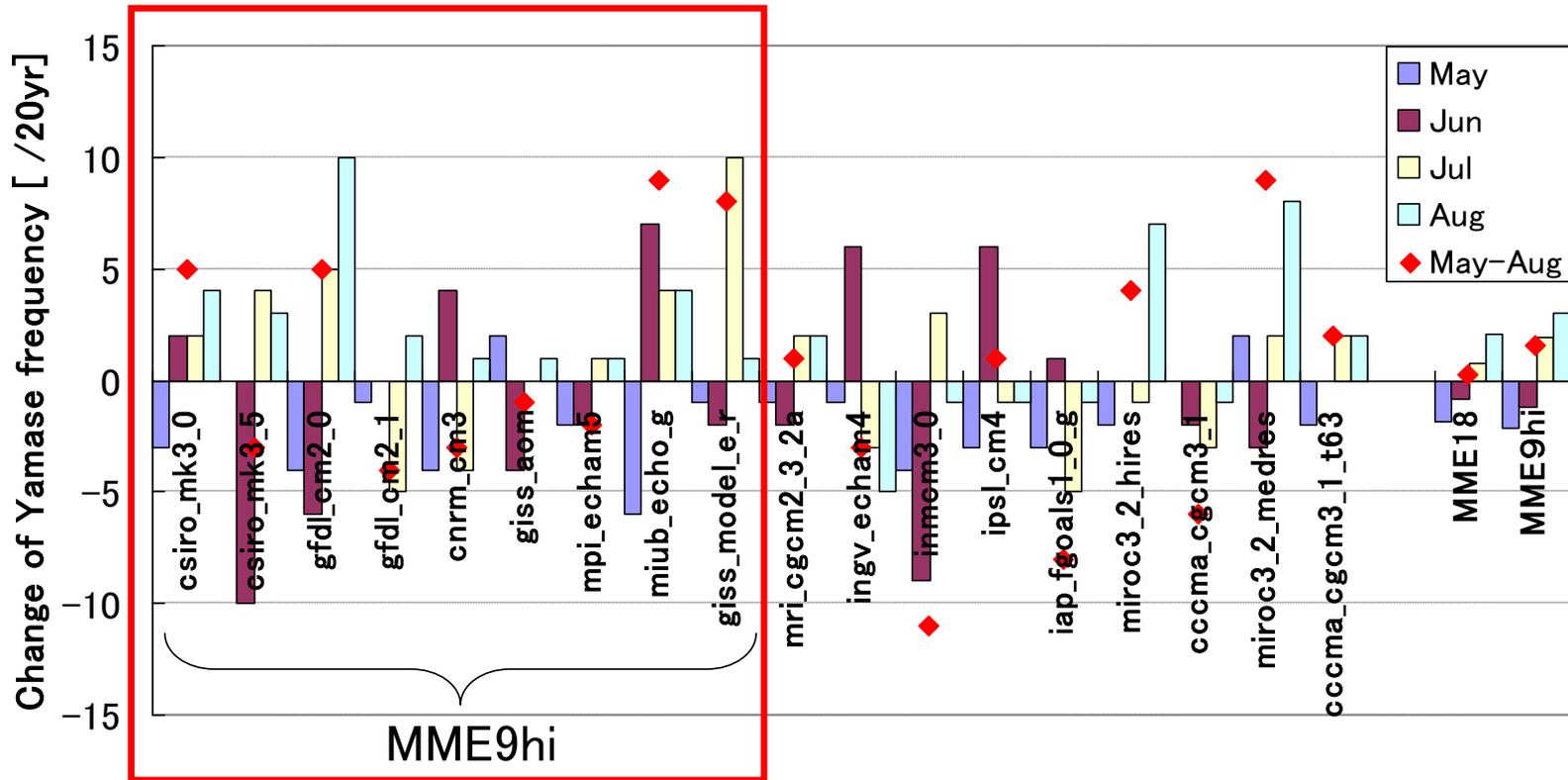
JUL

AUG



- MME18に比べて、
- ・5月、8月: 変化傾向がより明瞭に。
 - ・6月、7月: オホーツク海付近の変化傾向のモデル間一致率が高い。

● ヤマセ風頻度の変化 (MME9hi)

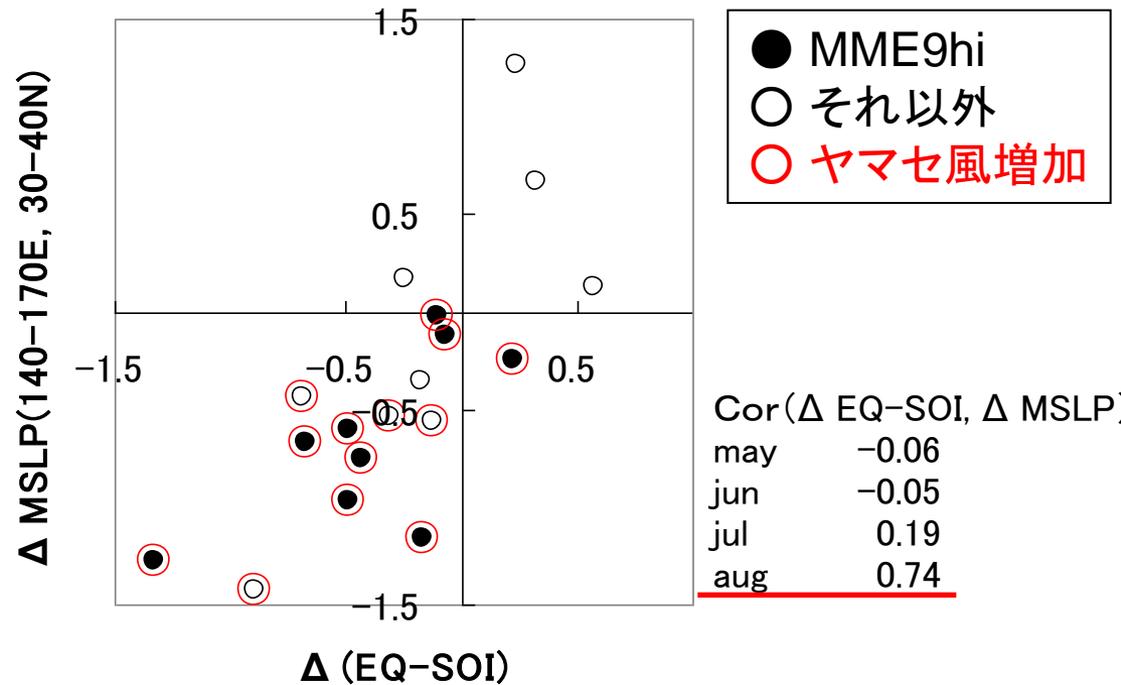
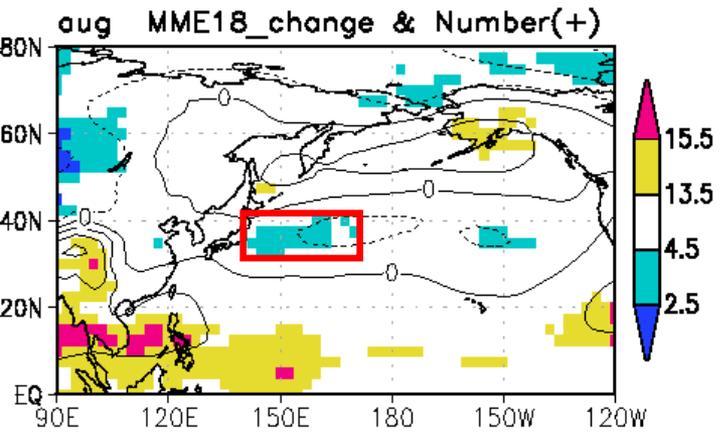


MME9hiでは、

- ・ 8月： ヤマセ風頻度増加をすべてのモデルが予測
- ・ 7月： ヤマセ風頻度増加を予測するモデルが多い

4. 考察①: 8月のヤマセ風増加

8月のMSLP変化(MME18)



$\Delta EQ-SOI$ = 東部太平洋(5S-5N, 160W-80W)と
 インド洋~西部太平洋(5S-5N, 80E-160E)
 のJJA平均MSLPの変化 Vecchi et al.(2006)

$\Delta MSLP$ = 東方海上(30-40N, 140E-170E)
 の8月平均MSLP変化

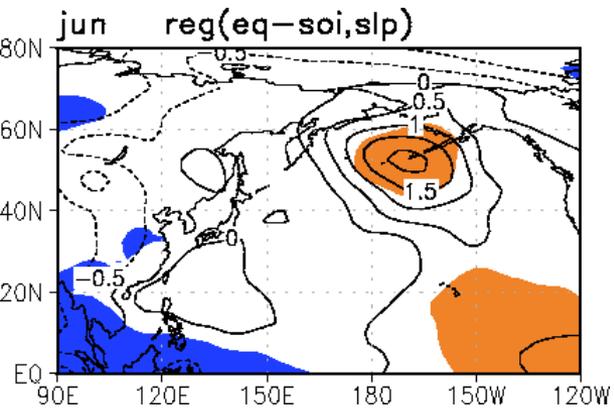
- ・ EQ-SOIの低下 → 東方海上のMSLP低下 → ヤマセ風増加
- ・ MME9hi: EQ-SOIが低下するモデルが多い

● 現実の年々変動における関係

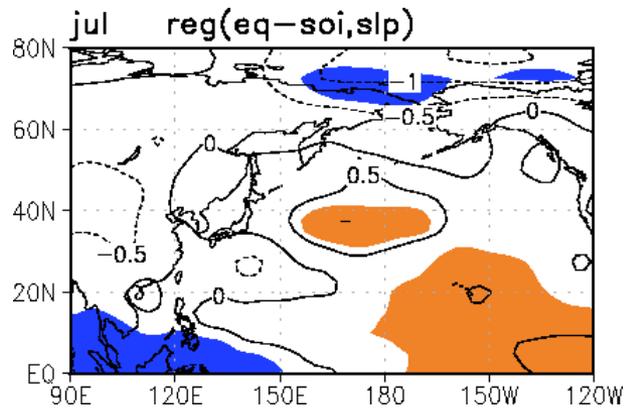
(NCEP再解析の1958~2007年)

Reg (EQ-SOI, MSLP)

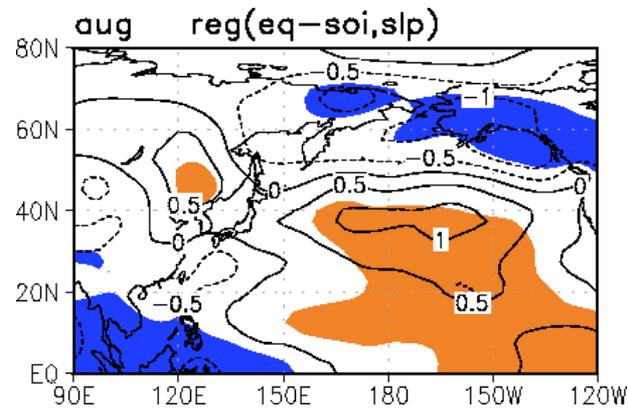
線: 回帰係数
陰影: 信頼度95%以上



JUN



JUL



AUG

現実の年々変動においても、
8月はEQ-SOIと太平洋中緯度MSLPの変動の相関が高い

4. 考察②： 5月のヤマセ風減少

MSLPの変化

線： MME平均
 陰影： 正に変化するモデル数

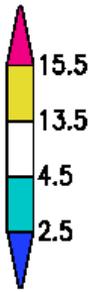
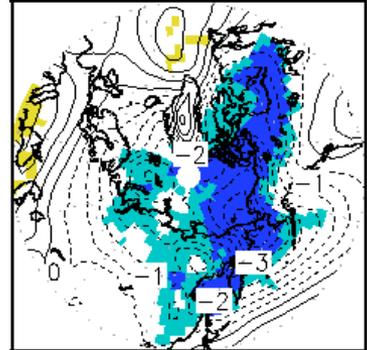
JAN

MAR

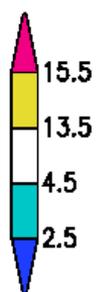
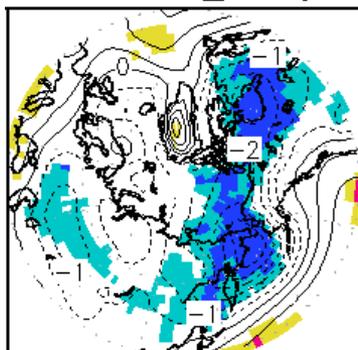
MAY

MME
18

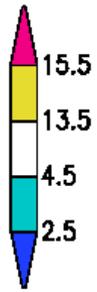
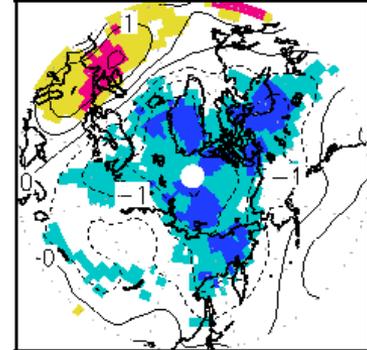
jan MME18_change & Number(+)



mar MME18_change & Number(+)

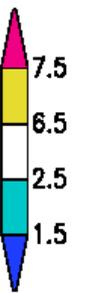
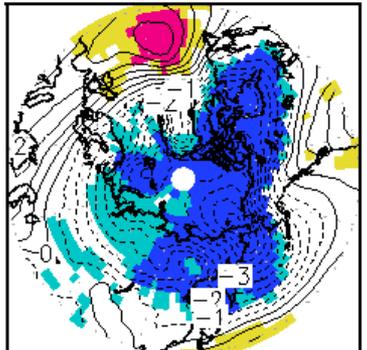


may MME18_change & Number(+)

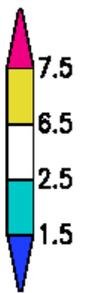
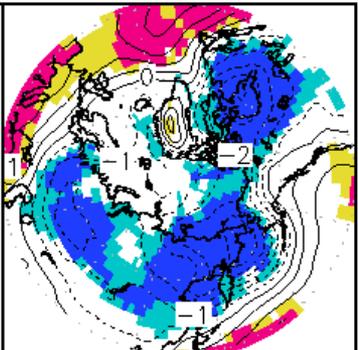


MME
9hi

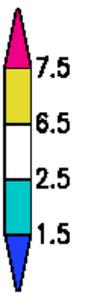
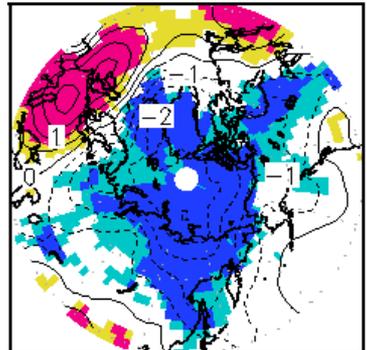
jan MME9hi_change & Number(+)



mar MME9hi_change & Number(+)



may MME9hi_change & Number(+)



- ・ 冬季の高緯度域のMSLP低下が初夏まで残る傾向
 → 西風が強く、5月のヤマセ風減少
- ・ 高緯度域のMSLP低下はMME9hiの方が明瞭

4. 考察③: 6~7月の変化

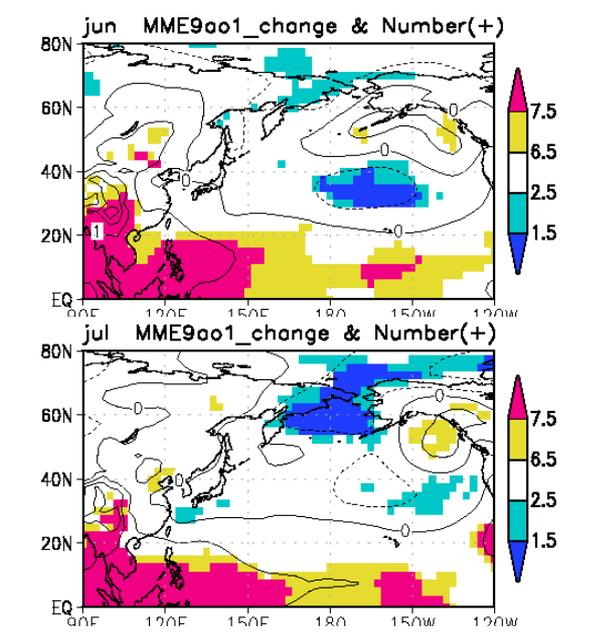
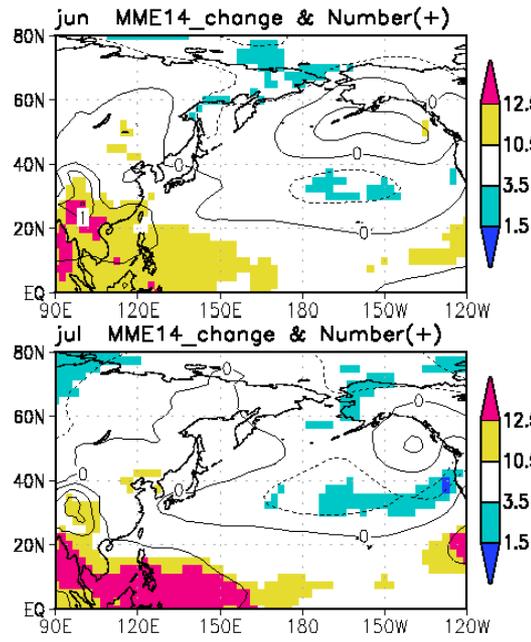
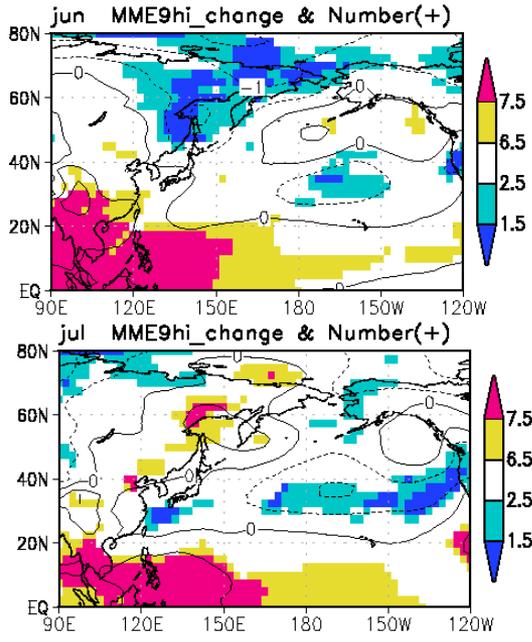
MME9hi

$\Delta EQ-SOI < 0$
14モデル

冬季高緯度域で $\Delta MSLP$
の減少が大きい9モデル

JUN

JUL

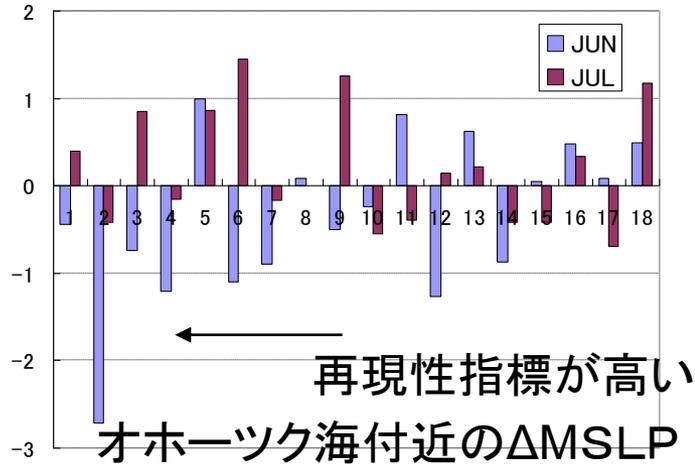


MSLPの変化

線: MME平均
陰影: 正に変化するモデル数

6~7月のオホーツク海付近の気圧変化は、
 $\Delta EQ-SOI$ や冬季高緯度域 $\Delta MSLP$ の変化
とは関係ないように見える。

→ 現在気候再現性が重要？



5. まとめ

再現性

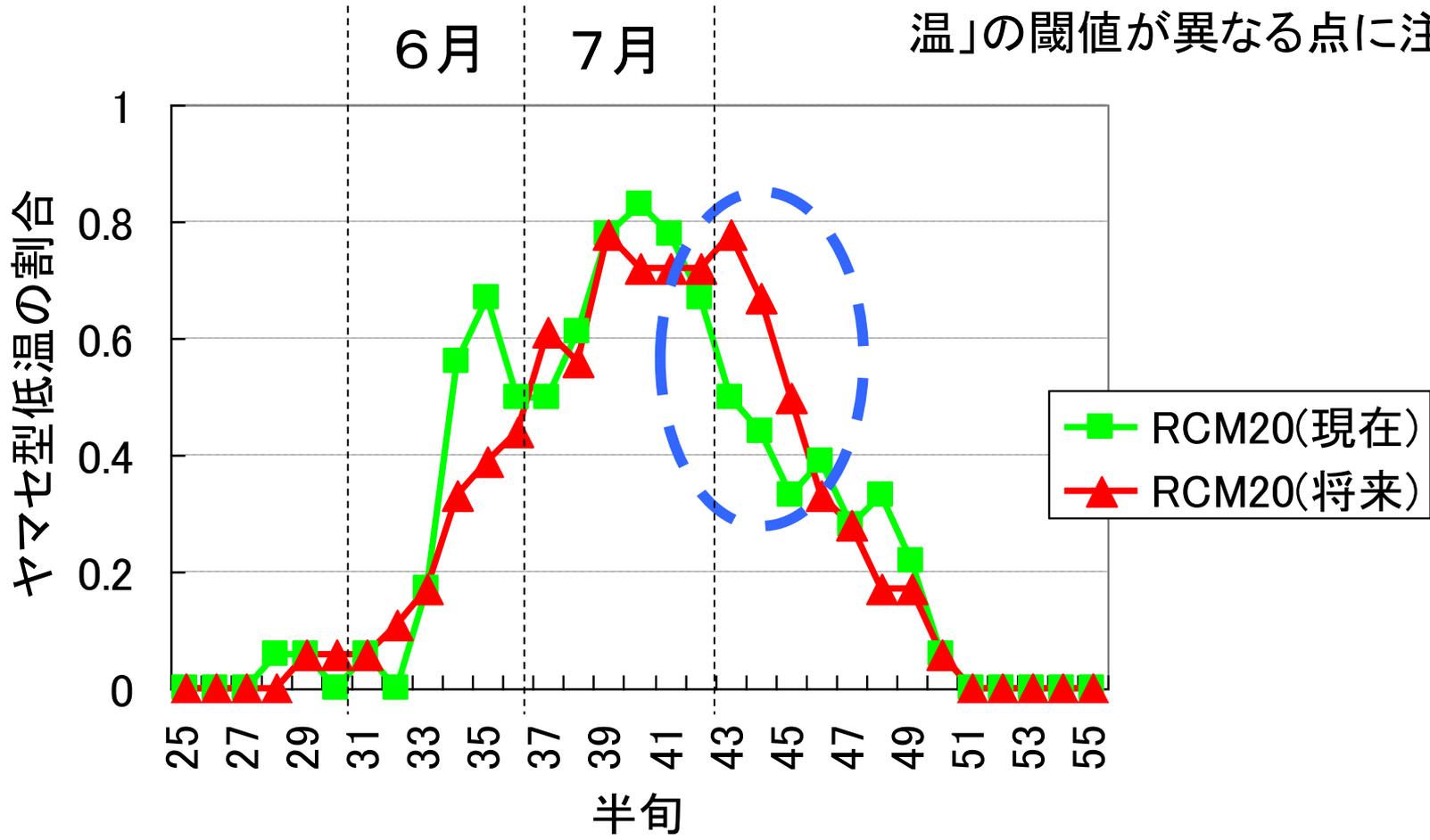
- ・MME18平均のヤマセ風頻度は再解析よりも少ないが、季節変化（6月下旬に頻度の極大）を適切に再現。
- ・ヤマセ風頻度の再現性能と北西太平洋のMSLP分布の再現性能に強い相関関係がある。

将来変化

- ・MME18のヤマセ風頻度の変化は、5～8月合計ではモデル間ではらついたが、月別では5月に減少、8月に増加するモデルが多い。
ヤマセの吹く季節が変化する？
- ・8月のヤマセ風増加はEQ-SOIの低下、5月のヤマセ風減少は冬季北極域の気圧低下と関係があるようだ。
- ・MME9hiではヤマセ風頻度やMSLP変化傾向のモデル間一致率が高くなった。
 - 要因：
 - 熱帯域や高緯度域のMSLP変化の特徴が似ている
 - オホーツク海高気圧の再現性が比較的良いから？

将来気候のヤマセ型低温の季節変化

* 現在気候と将来気候では「低温」の閾値が異なる点に注意

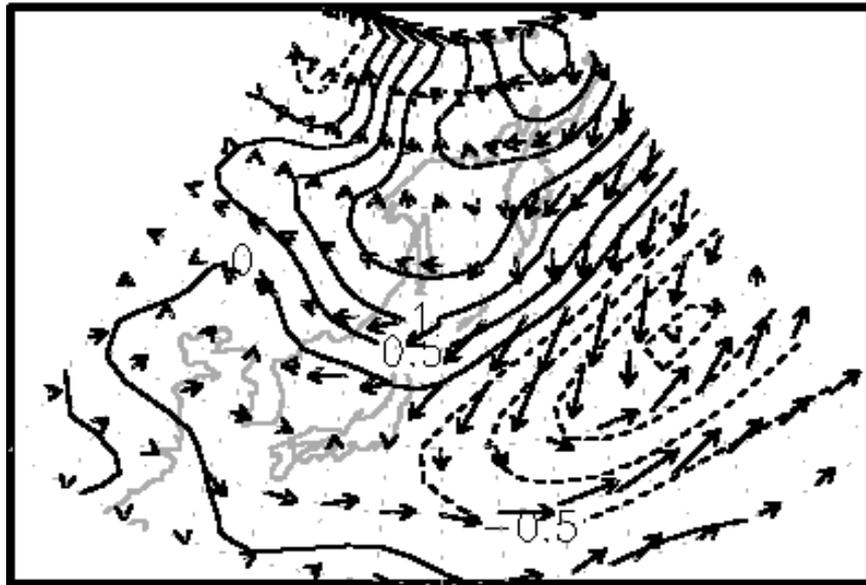


将来気候ではヤマセの影響を受ける時期が8月まで長引く

親モデルの盛夏期の将来変化

CGCM2.2の将来変化(7月25~8月18日平均)

MRI-CGCM2.2(21c-20c)



ベクトル: 地上10m風
線: 地表気圧

- ・ 北日本太平洋側では北東風偏差。
→ RCM20で得られた「ヤマセの影響の遅延」と矛盾しない。
- ・ 北東風偏差をもたらしている大規模場の変化
 - ① 日本の東海上の低気圧偏差
 - ② オホーツク海方面の高気圧偏差

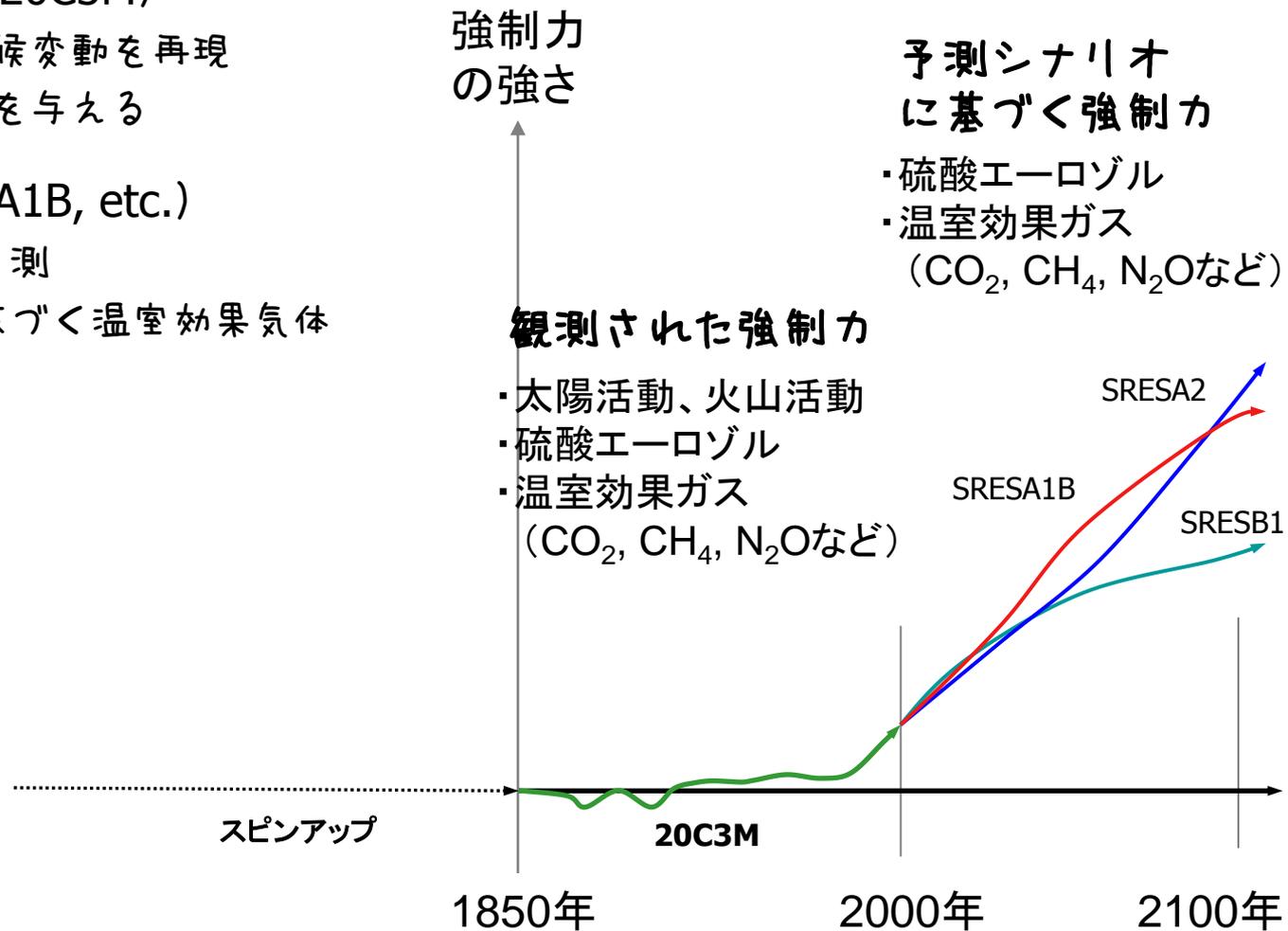
温暖化予測実験の方法

■ 歴史気候再現実験 (20C3M)

- 産業革命以降の気候変動を再現
- 過去の既知の強制を与える

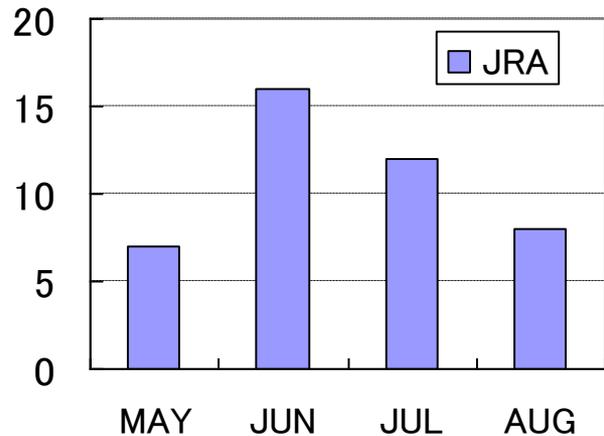
■ シナリオ実験 (SRESA1B, etc.)

- 将来の気候変動を予測
- 将来のシナリオに基づく温室効果ガス濃度などで強制

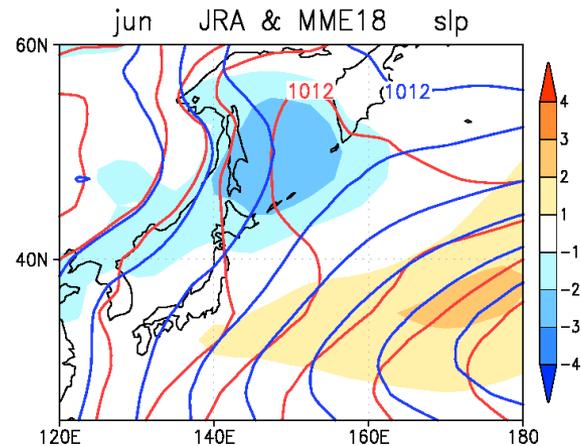


● 再現性指標(メトリック)の作成

① ヤマセ頻度 (/20yr)



② 平均海面気圧



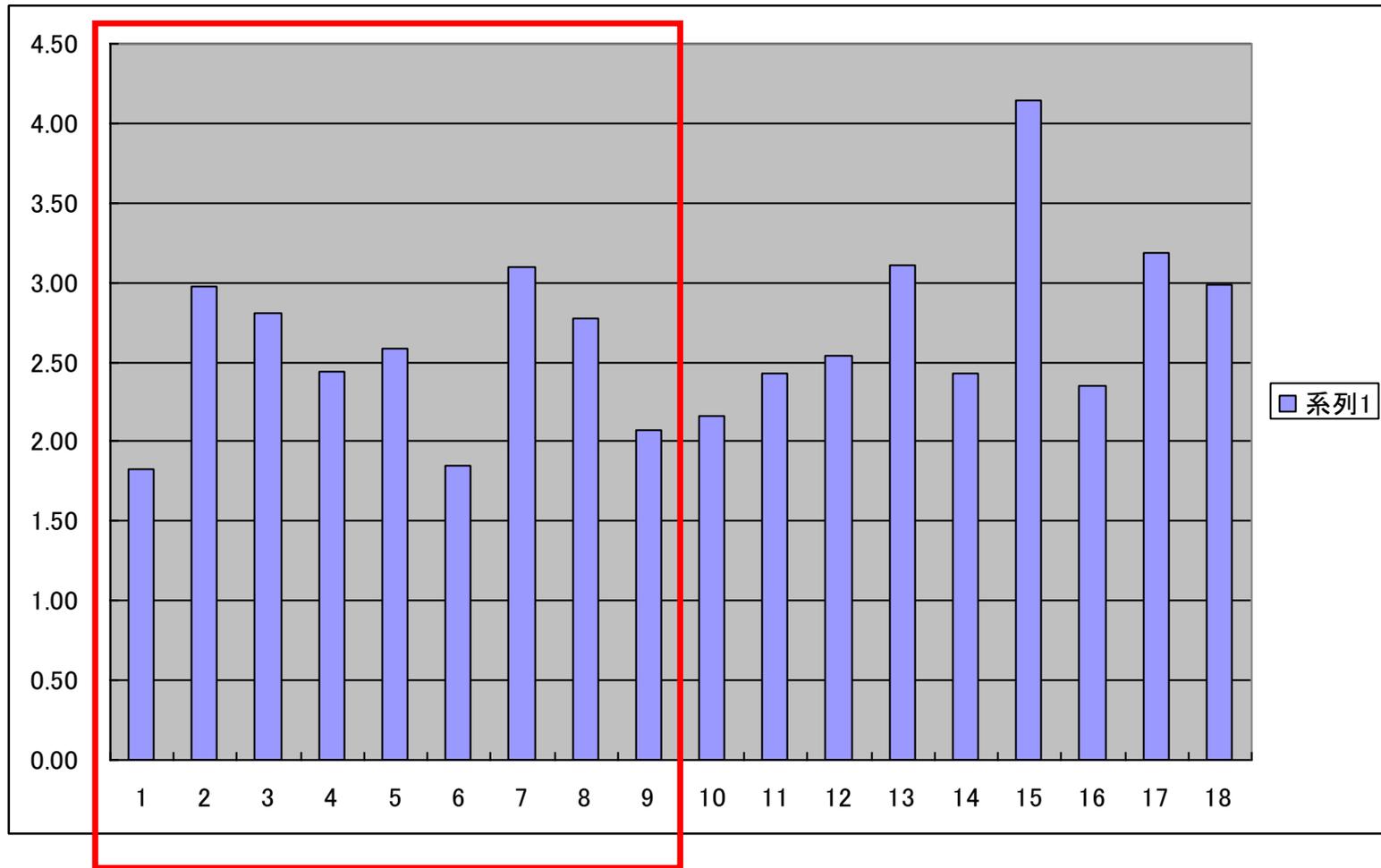
ヤマセに関する再現性指標

- ① 旬別累年値から算出したヤマセ頻度の月別気候値(5~8月)のRMSE
- ② SLPの月別気候値分布(5~8月、25~60N、120-180E)のスキルスコア(Taylor,2001)

①と②を規格化して平均したものを再現性メトリックとした

Model	Yamase frequency (/20yr)						MSLP x-y map		Metric	
	May	Jun	Jul	Aug	May-Aug	Skill	Adjusted Skill	Adjusted		SS
								Skill	Skill	
cccma_cgcm3_1	2	3	5	4	14	8.05	0.325	0.803	0.224	0.275
cccma_cgcm3_1_t63	2	0	1	0	3	10.79	0.000	0.758	0.000	0.000
* cnrm_cm3	8	9	8	10	35	4.18	0.782	0.914	0.771	0.777
* csiro_mk3_0	5	13	8	12	38	3.35	0.881	0.960	1.000	0.940
* csiro_mk3_5	3	15	11	10	39	2.35	1.000	0.929	0.846	0.923
* gfdl_cm2_0	6	10	7	4	27	4.42	0.755	0.949	0.942	0.848
* gfdl_cm2_1	3	6	7	7	23	5.96	0.572	0.957	0.985	0.779
* giss_aom	1	7	8	5	21	5.96	0.572	0.930	0.850	0.711
* giss_model_e_r	11	20	4	4	39	5.29	0.651	0.892	0.662	0.657
iap_fgoals1_0_g	3	4	18	11	36	7.16	0.430	0.850	0.455	0.443
inmcm3_0	4	11	3	5	23	5.57	0.619	0.891	0.656	0.637
miroc3_2_hires	5	8	5	4	22	5.77	0.595	0.811	0.263	0.429
miroc3_2_medres	6	8	2	0	16	7.57	0.382	0.771	0.068	0.225
* mpi_echam5	6	7	4	2	19	6.75	0.479	0.936	0.882	0.680
mri_cgcm2_3_2a	6	14	18	19	57	6.36	0.524	0.915	0.778	0.651
ingv_echam4	2	4	6	9	21	7.18	0.428	0.931	0.855	0.641
ipsl_cm4	10	14	19	15	58	5.27	0.654	0.872	0.562	0.608
* miub_echo_g	6	5	7	10	28	6.14	0.550	0.914	0.771	0.660
MME18 mean	4.94	8.78	7.83	7.28	28.8	6.01		0.972		
MME18 s.d.	2.70	4.88	5.25	4.98	13.8	1.83		0.062		
MME9hi mean	5.44	10.22	7.11	7.11	29.9	4.93		0.980		
MME9hi s.d.	2.79	4.64	2.02	3.31	7.56	1.37		0.021		
JRA	7	16	12	8	43					

年平均地上気温の将来変化(21C末—20世紀末)



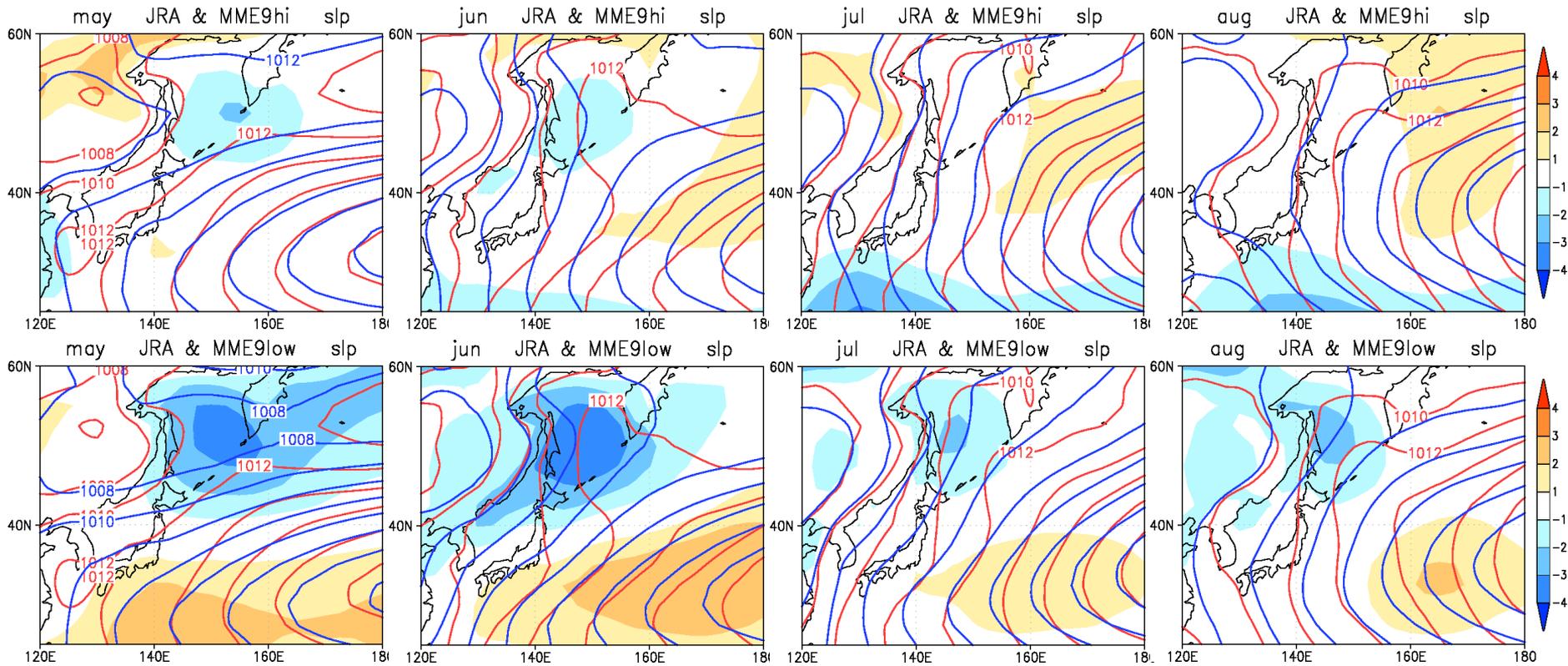
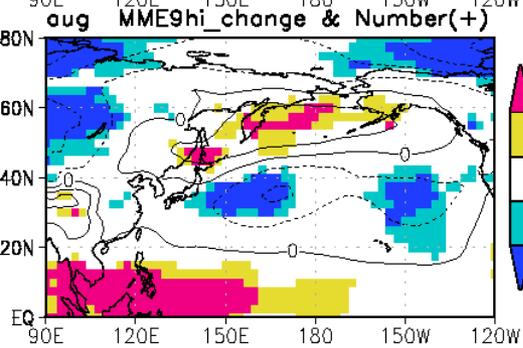
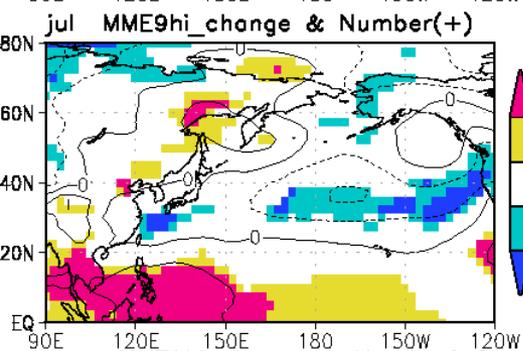
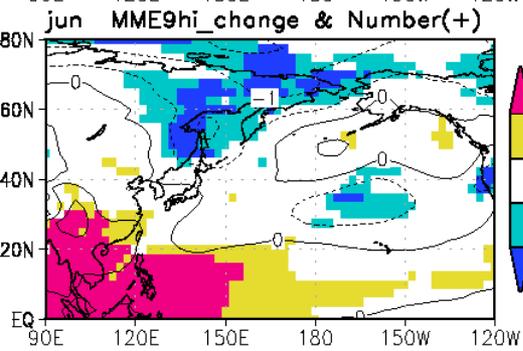
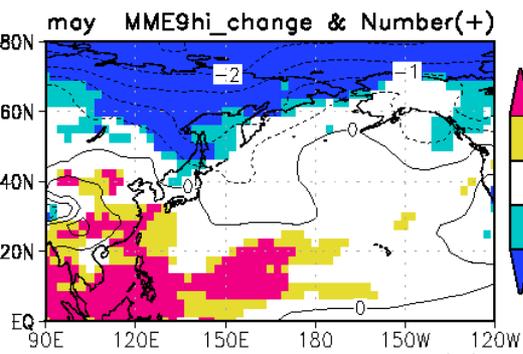
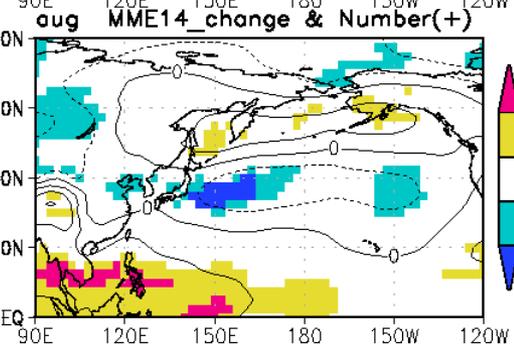
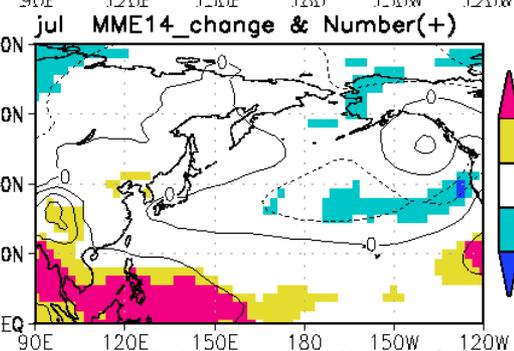
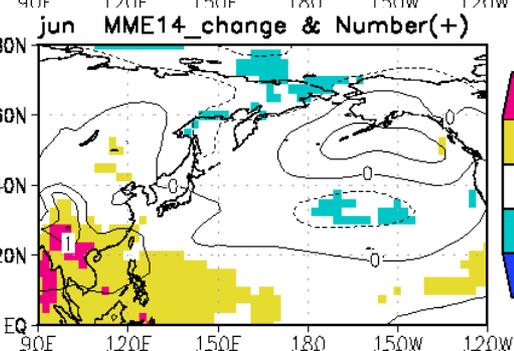
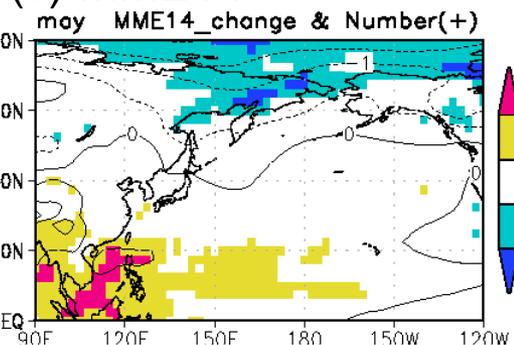


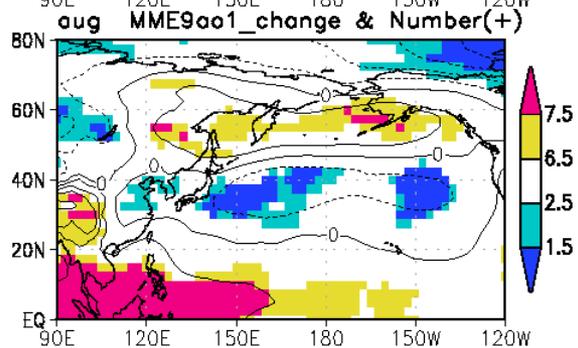
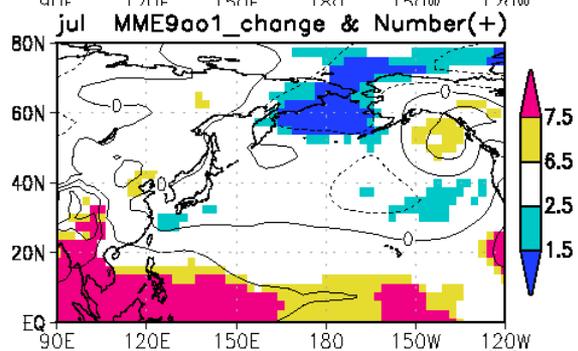
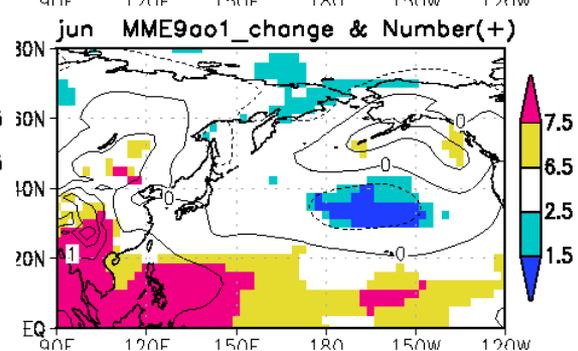
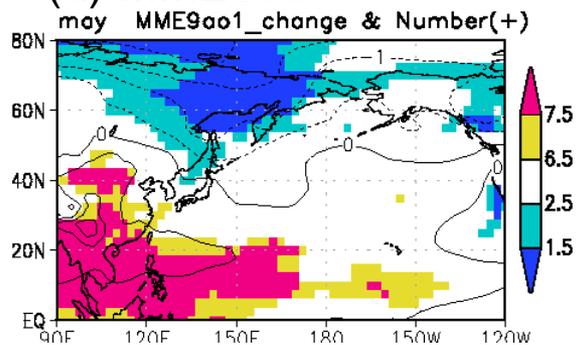
Fig.4



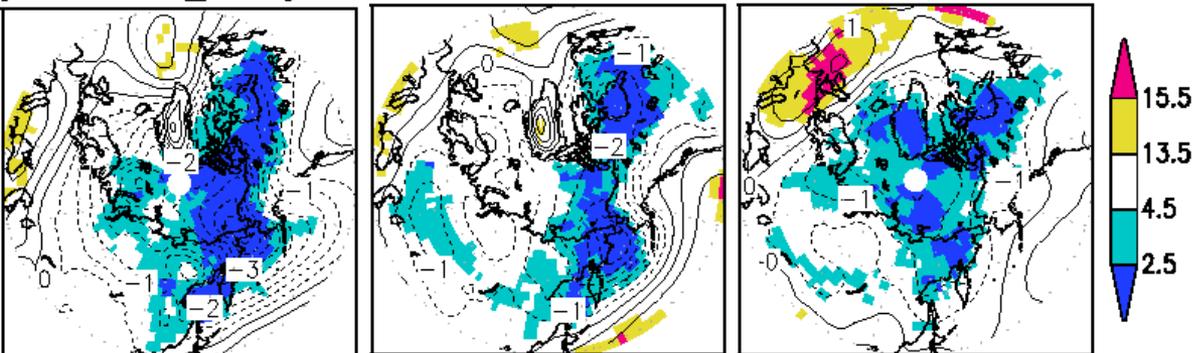
(c) MME14



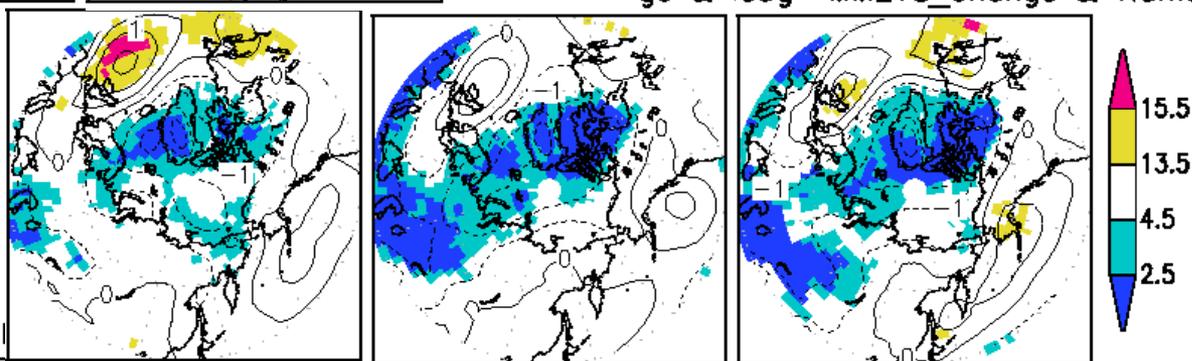
(d) MME9ao



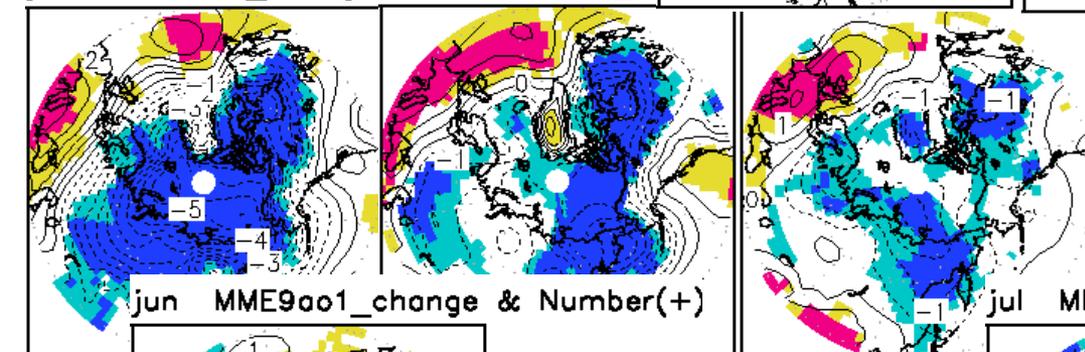
jan MME18_change & mar MME18_change & may MME18_change & Number(+)



ge & aug MME18_change & Number(+)



jan MME9ao1_change mar MME9ao1_c



jun MME9ao1_change & Number(+)

jul MME9ao1_change & aug MME9ao1_change & Number(+)

