

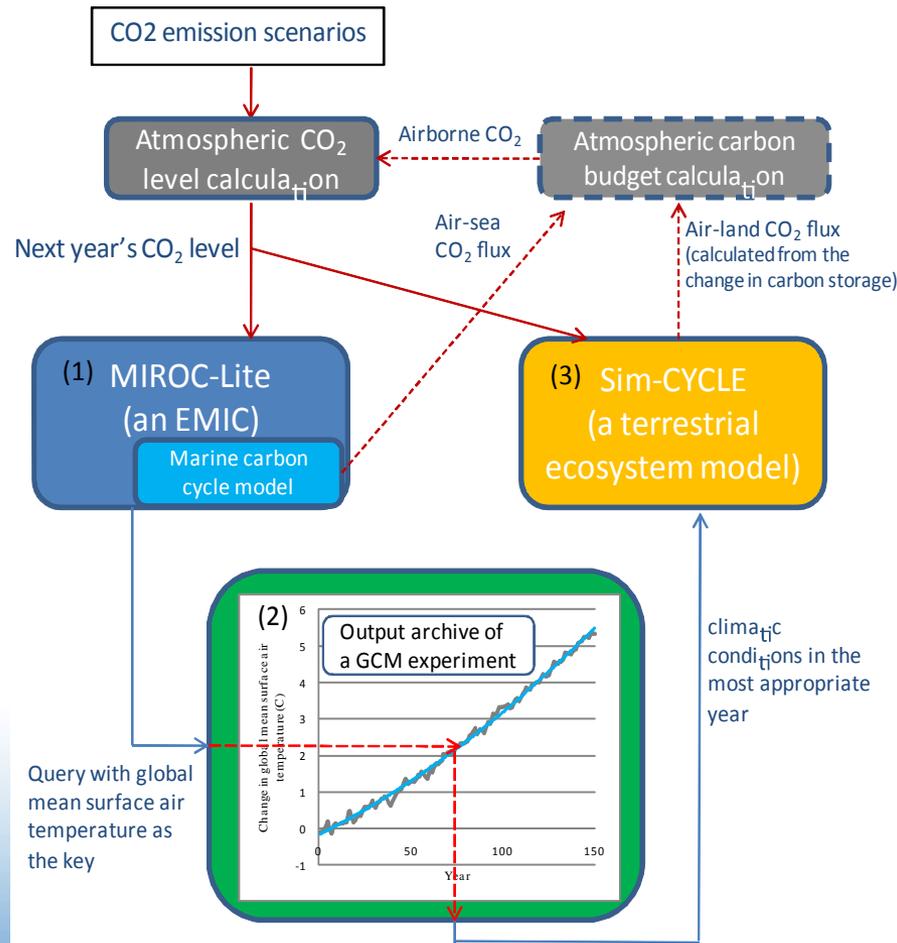
階層的モデル実験による長期気候変化予測の不確実性定量化

海洋研究開発機構
地球環境変動領域
河宮 未知生

研究の目的、体制

- 300年程度のタイムスケールを対象とした地球温暖化予測実験の結果を用いて、予測に伴う不確実性を定量的に評価する。
- 研究体制
 - 簡略気候モデルを利用した不確実性評価
 - 地球システム統合モデルを利用した不確実性評価

JUMP-LCM (an EMIC)の構造

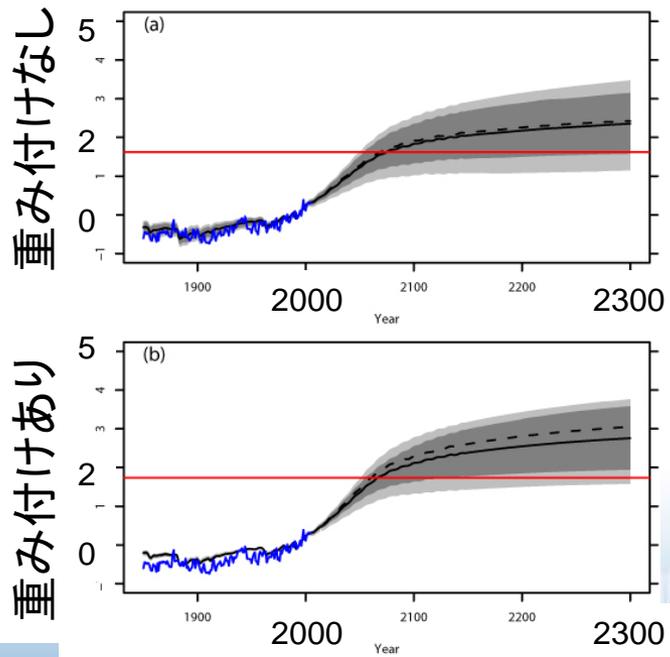


「緩やかな結合」の概念図

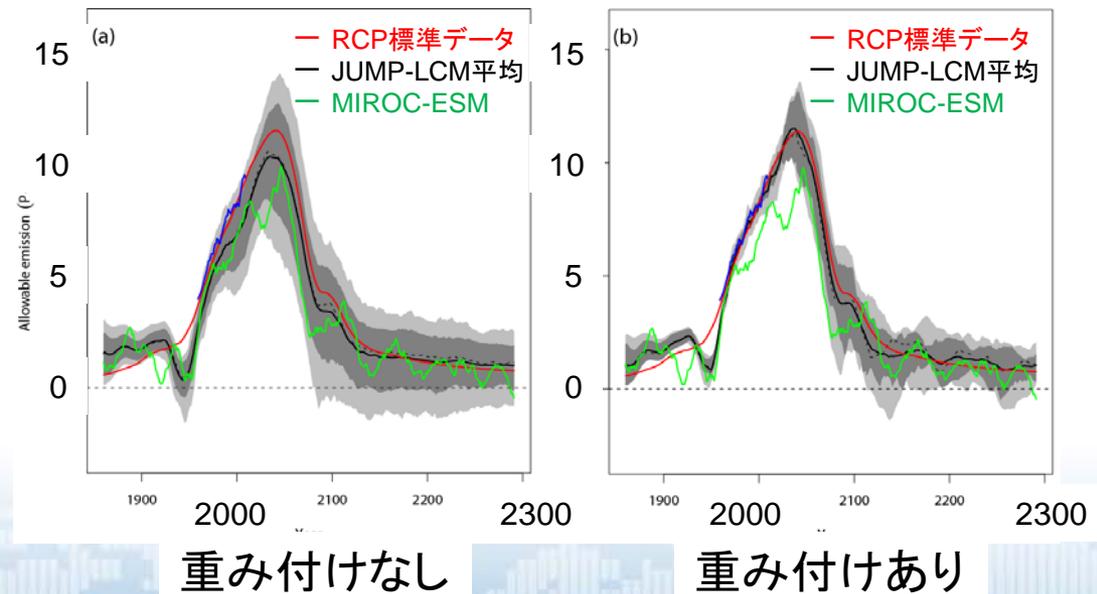
(CO₂濃度の情報を1年ごとに交換)

JUMP-LCMによる許容CO2排出量の 不確実性評価(RCP4.5)

気温上昇 [°C]



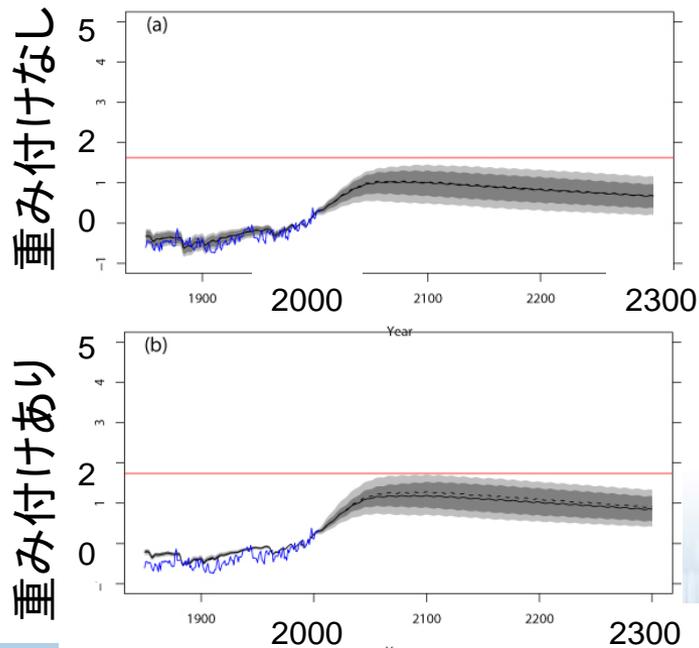
許容排出量 [PgC/y]



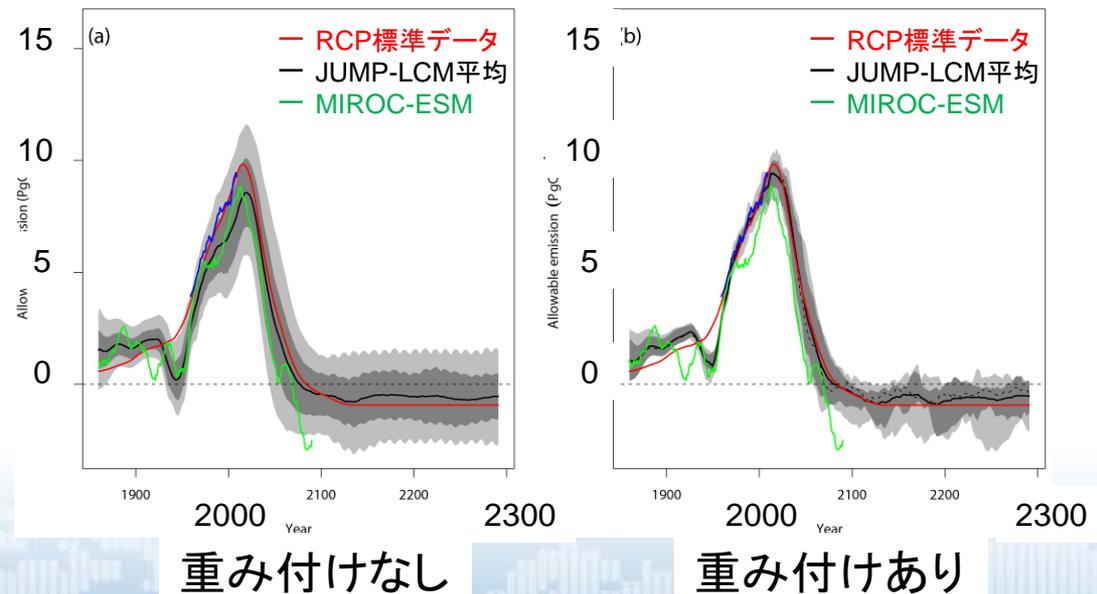
- ・RCP4.5(SRESではB1相当)では安定化時の温暖化が2°Cを越える可能性大
- ・許容排出量に対しての方が、「重み付け」のインパクトが大きい？

RCP2.6 (or RCP3-PD) では？

気温上昇 [°C]

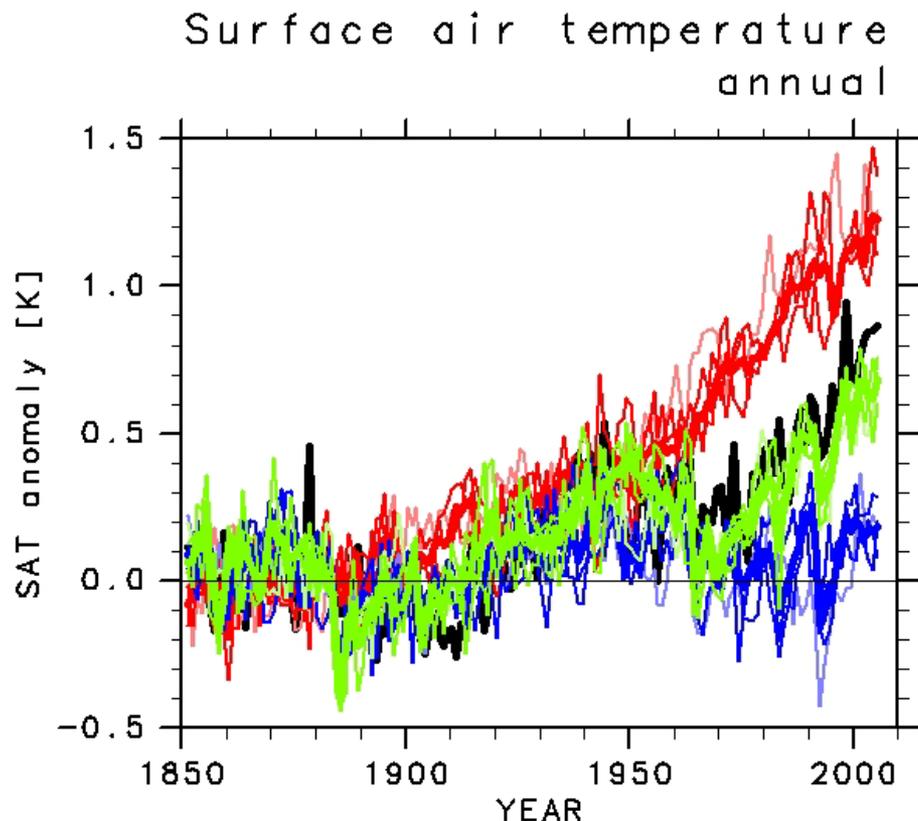


許容排出量 [PgC/y]



- ・RCP2.6では安定化時の温暖化が2°C以内に抑えられる
- ・やはり、許容排出量に対しての方が、「重み付け」のインパクトが大きい
- ・21世紀後半で、MIROC-ESMとの差が大きい

MIROC-ESMベースの不確実性評価



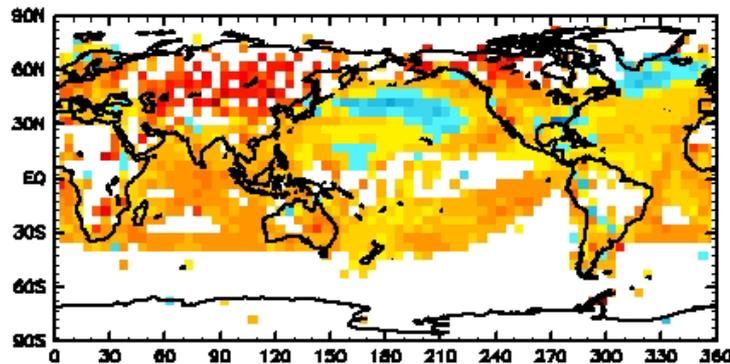
黒線: 観測 (HadCRUT3)
赤線: 温室効果ガスのみ与えた実験
青線: 自然要因のみ与えた実験
緑線: すべての気候変動要因を与えた実験

細線は3メンバーの初期値アンサンブル実験を、太線はアンサンブル平均を示している。

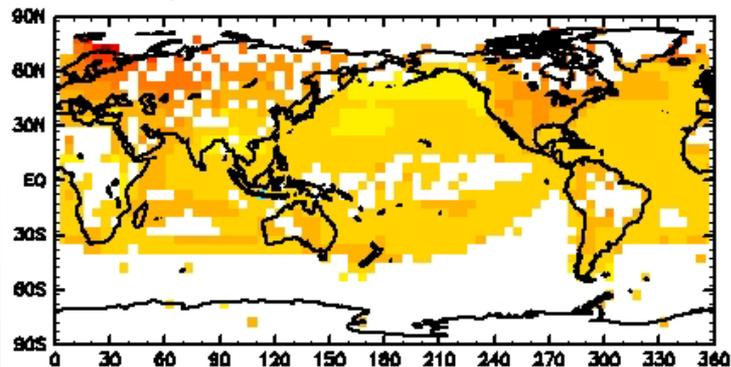
地球システム統合モデルを用いた20世紀再現実験における全球年平均地上気温の経年変化。1851～1900年の50年平均値からの偏差を示す。

アンサンブルに基づいた シミュレーション結果解析例

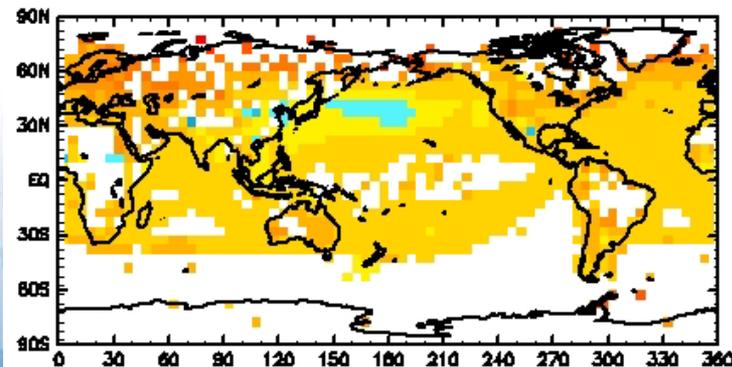
観測 (HadCRUT3, Brohan et al., 2006)



対流圏エアロゾルモデル
SPRINTARSの簡略版を用いた実験
結果(24例のアンサンブル平均)



最新のSPRINTARSを結合
したMIROCによる実験結果
(10例のアンサンブル平均)



20世紀後半以降(1951~2005年)の年平均地上気温の
線形トレンドの地理分布。単位はK/10年。

ランクヒストグラムを用いた モデルアンサンブルの再現性評価

各格子点での観測データとモデルアンサンブルデータを比較し、観測データが何番目に当たるかを集計してヒストグラムを作成

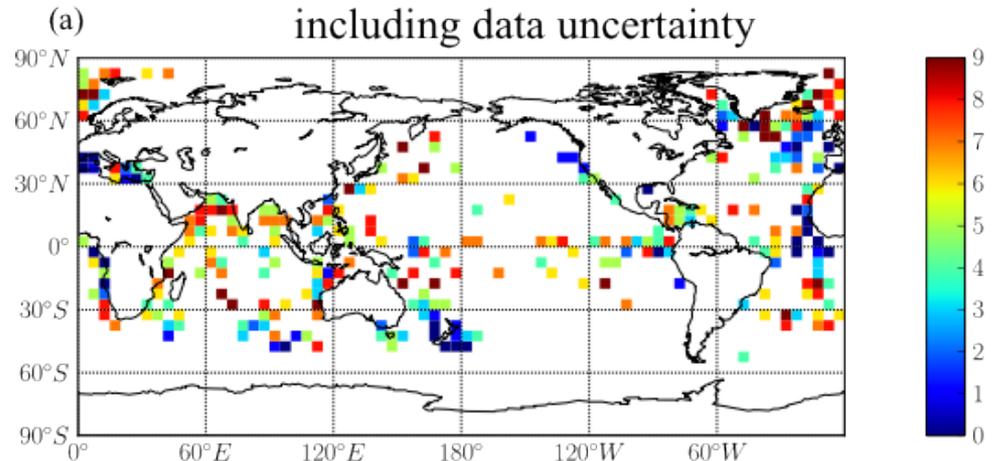


ヒストグラムが平らな形であれば、アンサンブルは十分広い範囲をカバーしていると言える

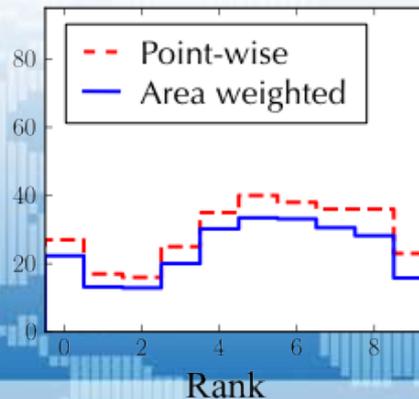
・PMIP2アンサンブルは、古気候データの範囲をよくカバーしており、適切なアンサンブルと言える。

・単一モデルのパラメータ摂動によって作成したアンサンブルでは、ヒストグラムがいびつな形になることが多い。

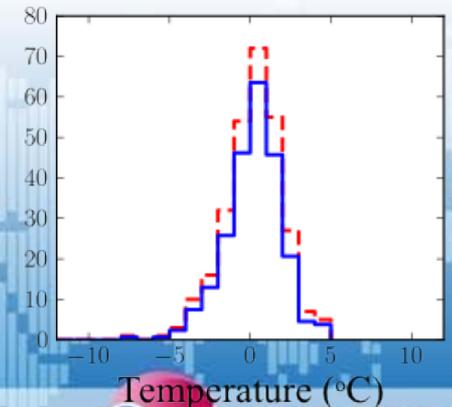
Rank of MARGO data in PMIP2 ensemble, including data uncertainty



(b) Rank histogram



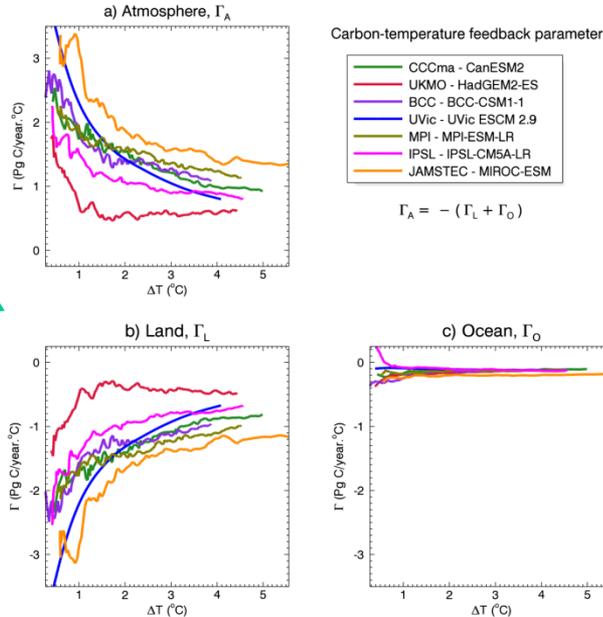
(c) Ensemble mean bias



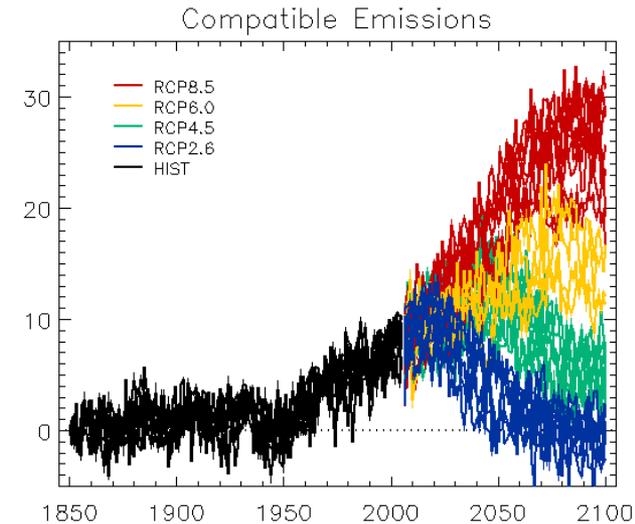
モデル相互比較(1)

海外研究機関との共同研究

炭素循環フィードバックの解析
(Vivek et al., J.C., submitted)



許容CO2排出量の解析
(Jones et al., J.C., in preparation)



	Historical		rcp26		rcp45		rcp60		rcp85		number of complete rcp scenarios (land+ocn)		
	land	ocean	land	ocean	land	ocean	land	ocean	land	ocean			
IPSL-LR	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	3	IPSL-LR	
IPSL-MR	y	y	y	y	y	y			y	y	3	IPSL-MR	
HG2-CC	y	y			y	y			y	y	2	HG2-CC	
HG2-ES	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	4	HG2-ES	
MPI-LR	y	y	y	y	y	y			y	y	3	MPI-LR	
CCSM4	y		y		y		y		y		0	CCSM4	
NorESM	y		y		y		y		y		0	NorESM	
GFDL-G	y				y						0	GFDL-G	
GFDL-M	y		y		y				y		0	GFDL-M	
CCCma	y	y	y	y	y	y			y	y	3	CCCma	
INM	y				y				y		0	INM	
MIROC	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	4	MIROC	
MIROC-CHEM	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	4	MIROC-CHEM	
number of complete models by scenario (land+ocn)		8		7		8		4		8			
		Historical		rcp26		rcp45		rcp60		rcp85			

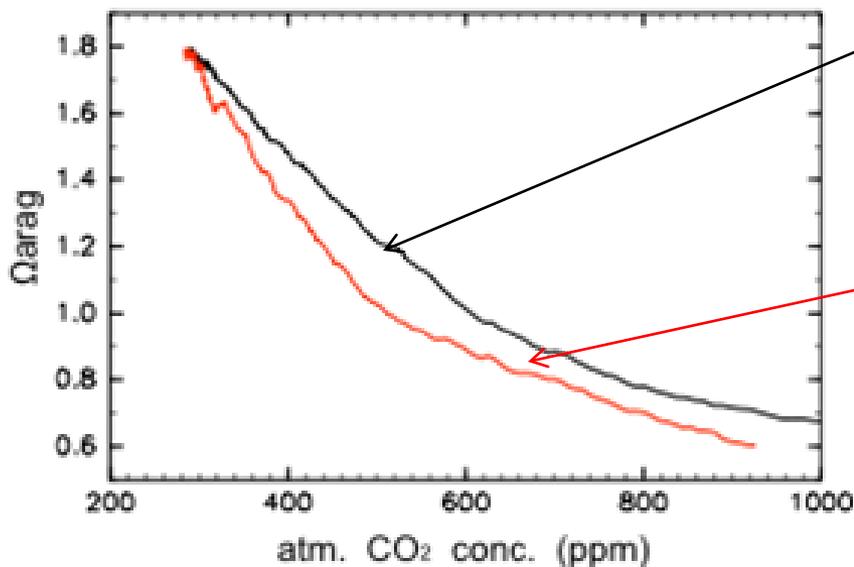
モデル相互比較(2)

海洋酸性化の解析: 北極海に着目して

北極海: もっともはやく酸性化の影響があらわになる海域 (Steinacher et al., 2009)

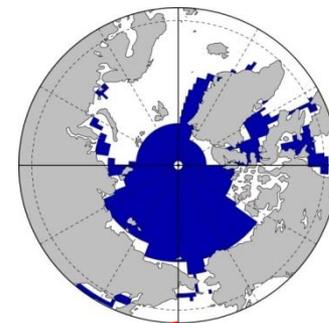
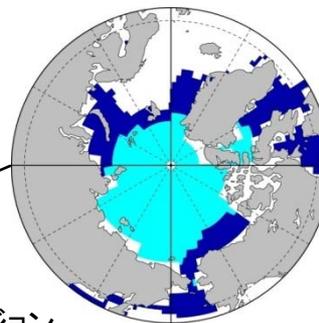
2050年時点での夏季海水分布

(b)

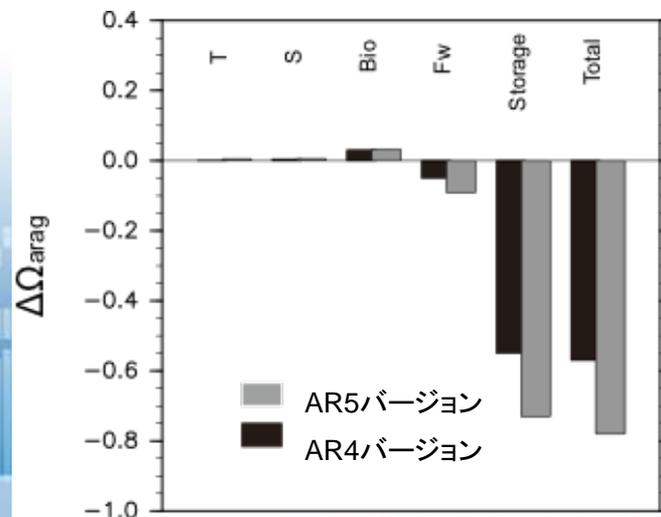


AR4バージョン

AR5バージョン



「飽和度」の変化を要因別に分解



同じ海洋CO₂分圧に対して、旧バージョンと新バージョンで酸性度が異なる←海水の振舞いの相違が原因

Yamamoto et al. (submitted) Biogeosciences

研究成果の発表状況

- 5年間の論文発表件数: 22件
- うち, Ito & Kawamiya (2010, GBC)はNature geoscienceにおいてResearch highlightsとして採り上げられる。



Arctic aerosols

Glob. Biogeochem. Cycles

doi:10.1029/2009GB003559 (in the press).

The biological production of carbon-containing aerosols in the ocean could influence cloud formation. Model simulations suggest that ocean warming could stimulate marine aerosol production in the Arctic Ocean.

Akinori Ito and Michio Kawamiya of the Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology used an integrated Earth system model to examine the impact of climate change — specifically

まとめ

- EMICを用いた不確実性評価実験
 - CO2排出パスについての不確実性幅の評価
 - RCP4.5の濃度予測に対応する排出でも、「負の排出」が必要となる可能性あり→観測データを利用した重み付けを用いると、「負の排出」の確率は減る
- GCMを用いた不確実性評価実験
 - CMIP5プロトコルに基づいたアンサンブル実験
 - 旧バージョンからの結果改善の原因調査
 - モデル相互比較
 - 国際プロジェクトへの参加 (CMIP5, C4MIP, LUCID, ...)
 - AR4, AR5バージョンの比較による北極海における酸性化の研究
 - 海氷の融解が早いと, CO2吸収が促進され酸性化は早く進む