

# 【2-1401】統合的観測解析システムの構築による 全球・アジア太平洋の炭素循環の変化の早期検出

平成26～28年度  
環境問題対応型 低炭素領域(脱温暖化社会部会)  
累積予算額: 177,463 千円

国立研究開発法人 国立環境研究所  
気象庁 気象研究所  
国立研究開発法人 海洋研究開発機構

研究代表者: 三枝信子(国立環境研究所)

# 研究体制

## ①国立環境研究所

統合的観測・解析システムの設計  
と全球・アジア太平洋の炭素収支  
評価に関する研究(総括)

三枝 信子・町田 敏暢・マクシュートフ シャミル・伊藤 昭彦

## ②海洋研究開発機構

統合的解析システム構築に向け  
た、大気輸送モデルとデータ同化  
手法の最適な融合に関する研究

パトラ プラビール・滝川 雅之

## ③気象研究所

航空機データの最適化と同化技術  
を用いたCO<sub>2</sub>解析手法の開発

丹羽 洋介・松枝 秀和・澤 庸介・眞木 貴史

## ④海洋研究開発機構

統合された陸域観測データに基づ  
く炭素収支空間分布の検証とホッ  
トスポット推定に関する研究

市井 和仁

# 研究開発目的(科学的意義・環境政策への貢献)

本研究が応える科学的疑問:

➤ 陸域や海洋の吸収は将来も続くのか?

複数の地球システムモデルによると、気候と炭素循環の間のフィードバックが21世紀に正であることの確信度は高い(IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約)

➤ 炭素循環の変化が起きている場所があるとすれば、それはどこか?

本研究参画機関の強み:

➤ 世界で類を見ない高密度・長期の温室効果ガス観測データをもつ.

➤ 本研究の中核となる大気輸送モデル、インバージョン・同化手法、陸域炭素収支広域評価手法の開発を国際的にリードしている.



環境政策への貢献:

➤ 全球及びアジア太平洋の炭素循環変動を検出する最新の解析システムを開発する.

➤ 本研究期間終了後もオペレーショナルな運用に利用できるものとする。(GOSATシリーズ解析システムへ応用).

➤ 温暖化対策の緊急性を定量的に示すことで、国際交渉力を強化する.

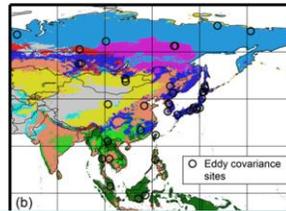
# 主要な研究手法

## ボトムアップ手法(自然吸排出)

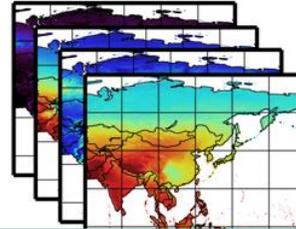


陸域吸排出量の現地観測

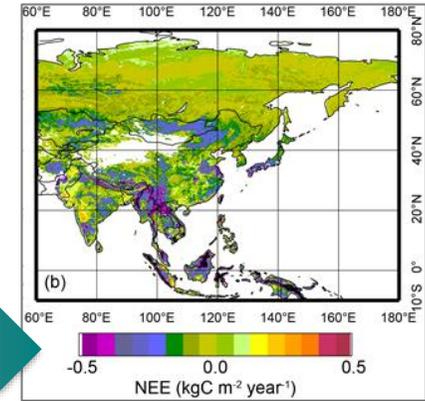
観測点データ



衛星観測データ



現地観測から地球全体へ



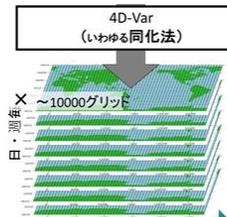
プロセスモデル・経験モデル等に基づき陸域の吸排出量分布を推定

相互比較により問題を検出

## トップダウン手法(人為+自然吸排出)

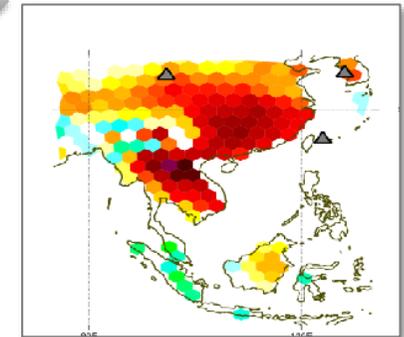


全球大気輸送モデルに基づき、地表での吸排出量分布を推定



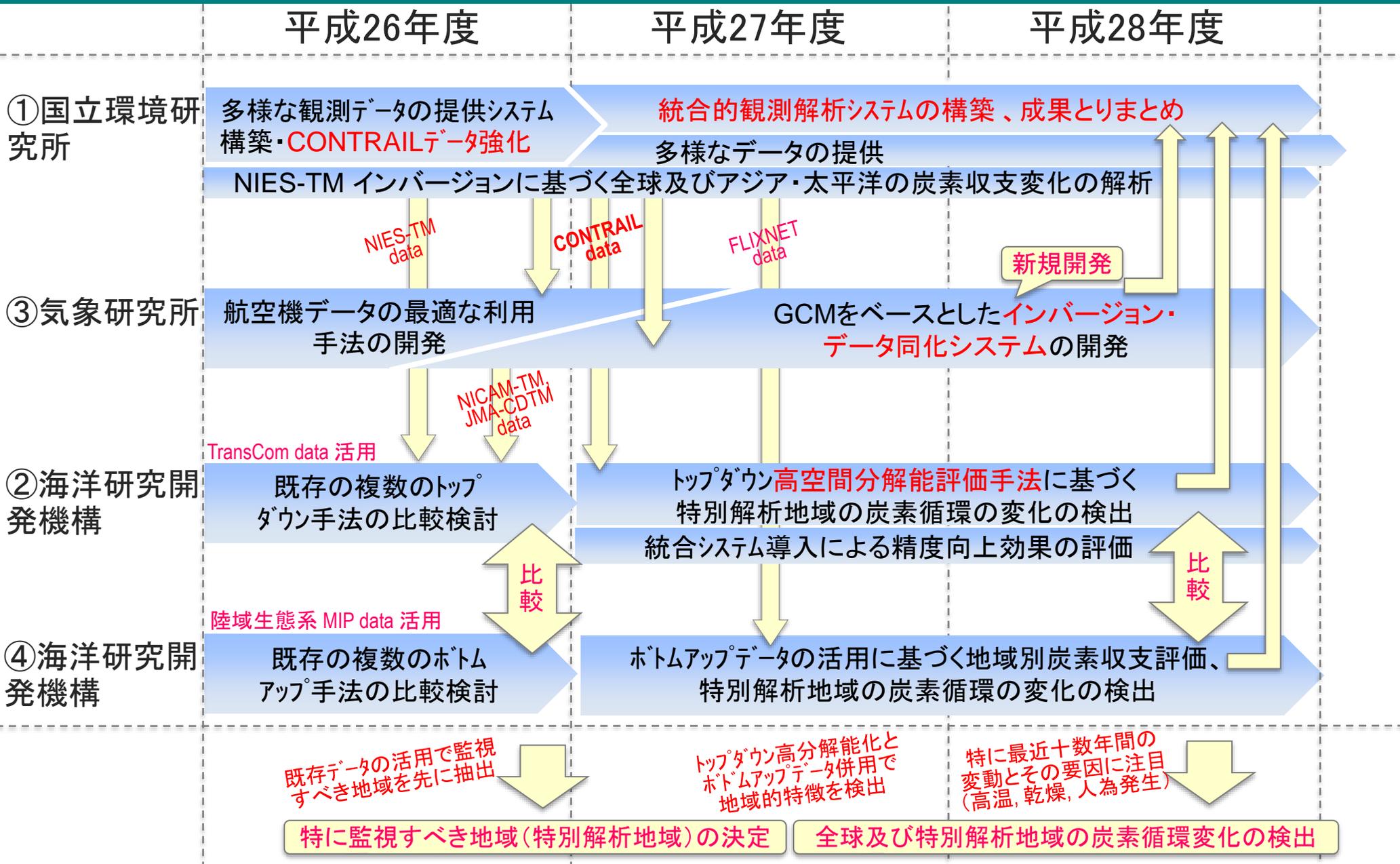
人為排出量を差引き、  
自然吸排出量分布を推定

大気中濃度から吸排出源を推定



衛星・航空機・船舶・地上観測による大気中濃度観測

# 全体研究計画

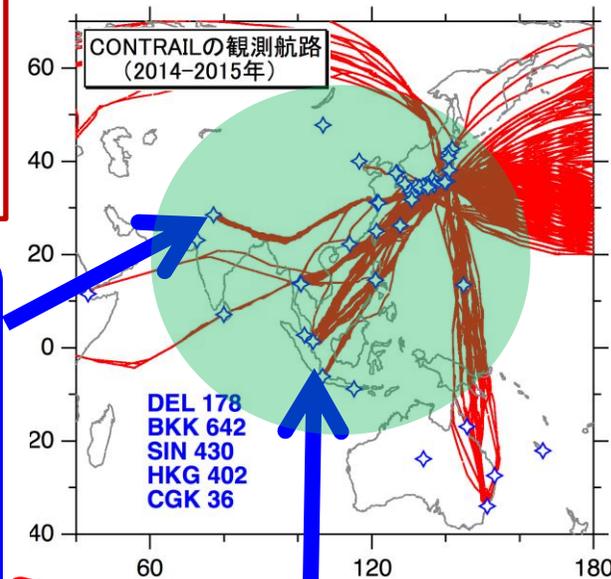


# アジア域上空における航空機観測の強化

CO<sub>2</sub>観測値が少ないアジア域では、航空機観測が**フラックス推定誤差**を大きく削減する (Niwa et al., 2012)

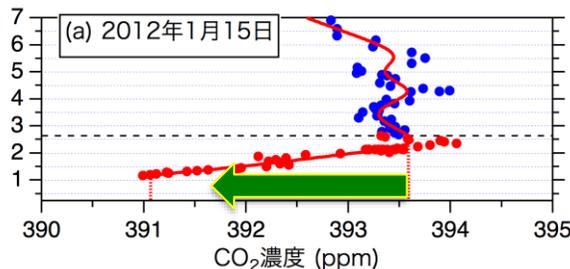
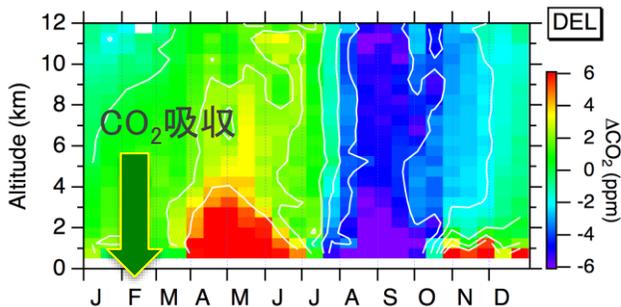


定期旅客便観測 (CONTRAIL) で  
**アジア域の集中観測を強化**



毎日新聞・  
環境新聞掲載

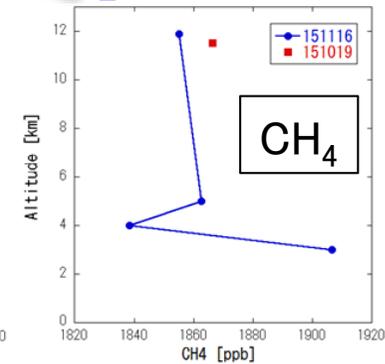
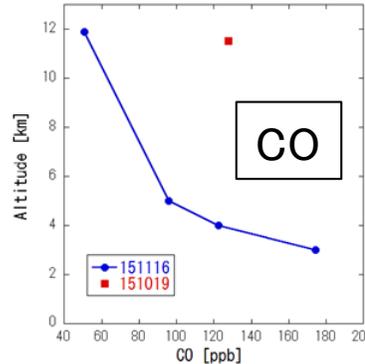
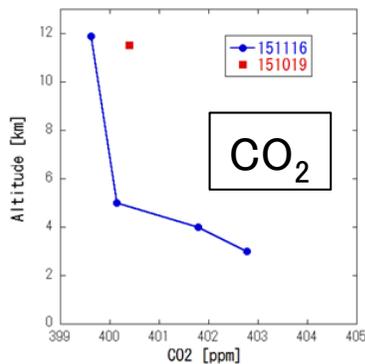
インド・デリー地域での冬小麦によるCO<sub>2</sub>吸収を検出



Umezawa et al. GRL (2016)

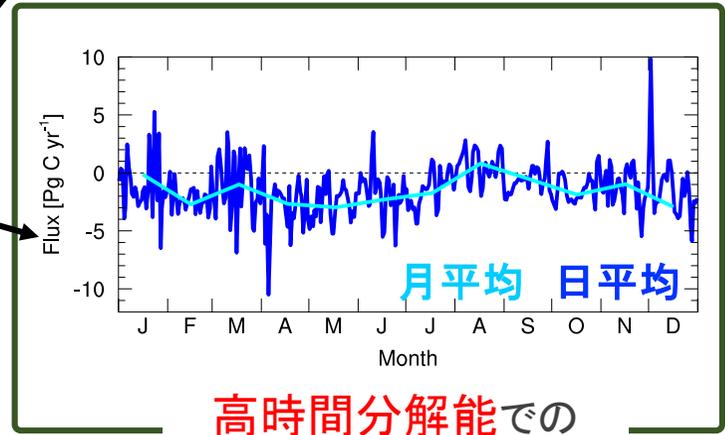
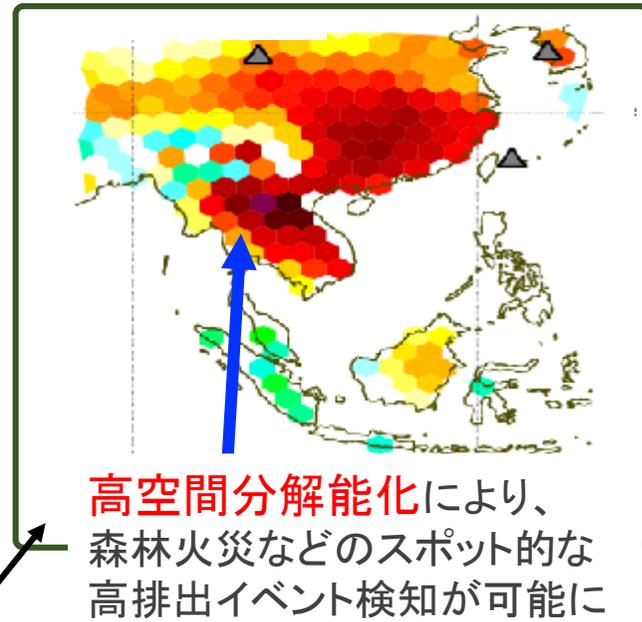
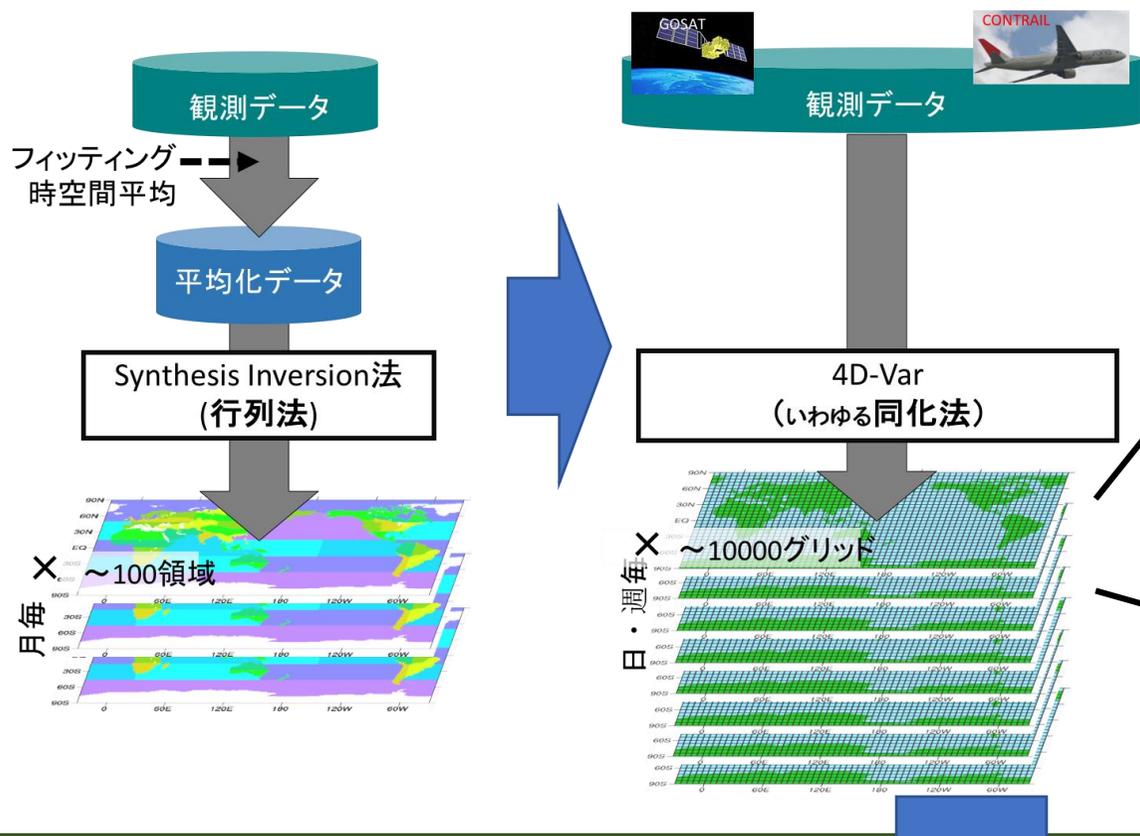
記者発表 (国環研・  
気象研)

2015年インド  
ネシアにおける大規模森林  
火災の影響を  
検出



# 航空機データの最適な利用と データ同化技術を用いたCO<sub>2</sub>解析手法の開発

航空機データの最適な利用に対応した  
**新データ同化解析システム NICAM-TM 4D-Var**  
**開発に成功** (Niwa *et al.* 2016; Niwa *et al.* 査読中)



GOSATシリーズ定常運用システム化に向けて作業中 (気象研・国環研)

# 複数のトップダウン・ボトムアップ法による炭素収支相互比較

複数手法間比較により問題を抽出、データと手法の改良により信頼性向上

トップダウン手法

NIES-TM  
(GOSAT L4A)

NIES/GELCA

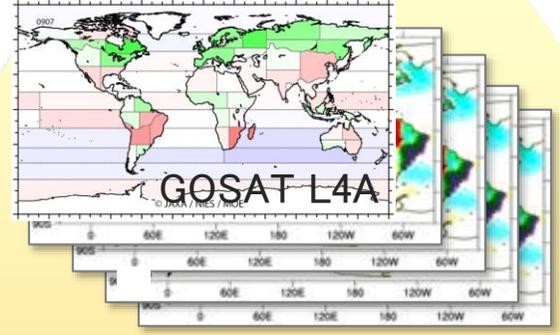
NICAM-TM

MRI/GSAM

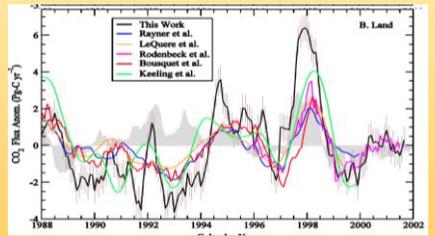
JAMSTEC  
/ACTM

TransCom  
国際インバージョン  
相互比較実験

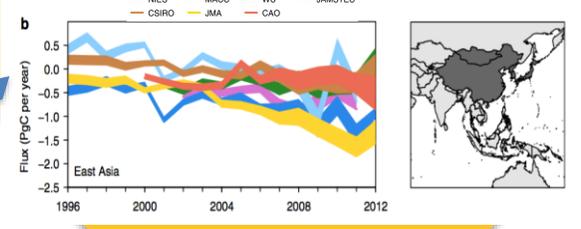
各手法による炭素収支空間分布



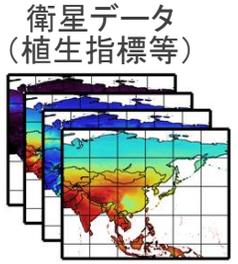
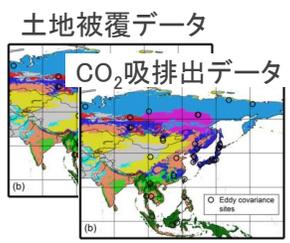
季節変化・経年変化の比較検証



領域別 吸排出評価、手法間比較



ボトムアップ手法



FLUXNET data  
経験モデル  
(機械学習;  
サポートベクタ回帰)

陸域生態系  
プロセスモデル  
(VISIT, Biome-  
BGC, LPJ, etc.)

Asia-MIP, TRENDY  
相互比較実験  
FLUXCOM

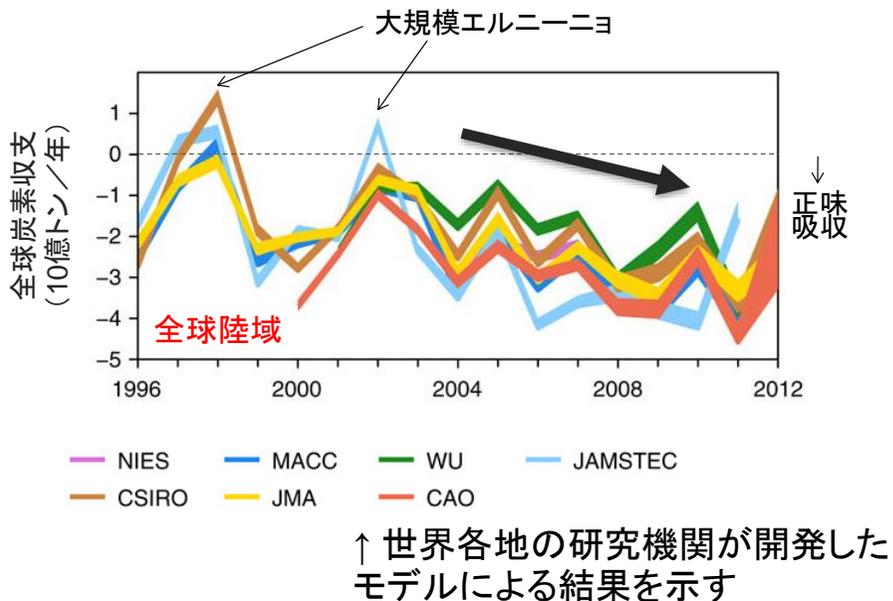
# 全球および地域別の炭素収支の変化検出

複数のトップダウン  
手法に基づき

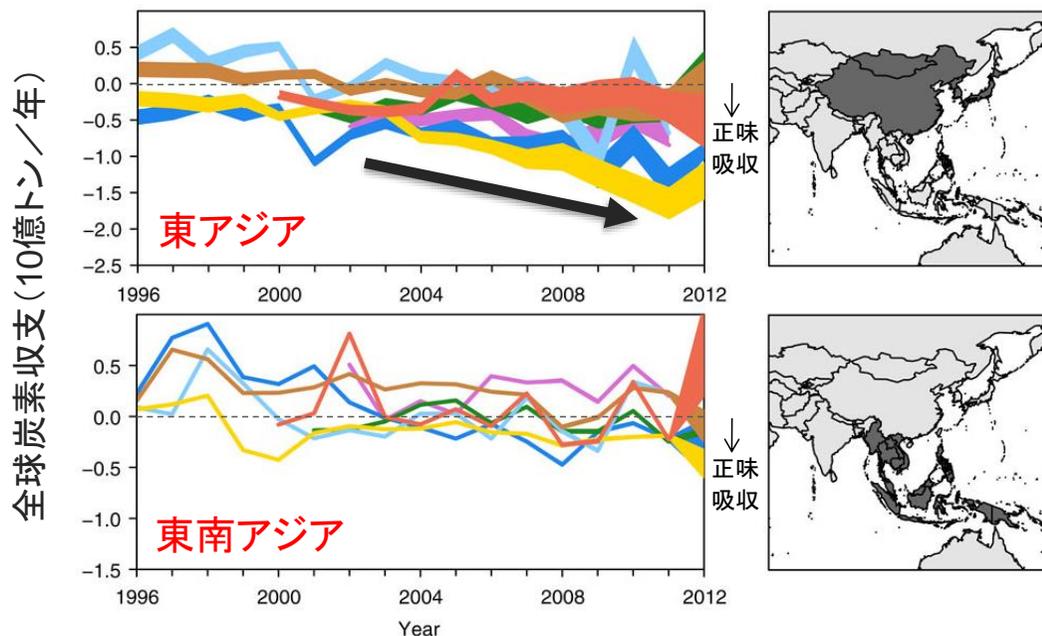
## 1990年代半ば以降の陸域炭素収支の変化を地域別に検出

Thompson, Patra et al. (2016) *Nature Communications* (パトラ, マクシュートフ, 眞木, 白井, 石澤, 佐伯, 町田 含む)

大規模エルニーニョ年にCO<sub>2</sub>吸収は減少  
2000年台後半、吸収やや増加



東アジアで陸域吸収量が増加(全陸域の約35%)  
東南アジア・南アジアでは2000年代後半、吸収⇄放出



新たな知見(現状の問題点):

- ✓ 人為排出量の不確実性は、特に東アジアで陸域吸収の不確性に大きく影響
- ✓ 国別排出インベントリとの比較検証が必要な段階に

# まとめ

- 深刻な観測空白域であるアジアで航空機によるCO<sub>2</sub>観測を強化した。
- そのデータを効果的に利用する新データ同化解析システムを開発した（運用準備を既に開始）。
- 複数のトップダウン・ボトムアップ手法の統合解析に基づき、全球及びアジアの地域別炭素収支評価を高度化する手法を確立した。
- 2000年代後半以降、全球陸域吸収量はやや増加傾向、東アジアで特に吸収増（または人為起源排出量の過大評価）の可能性を示した。
- 東南アジア陸域吸収の把握には火災を含む土地利用変化の正確な反映が不可欠であることを示した。
- 精度向上を阻む原因として、大気・陸域共に低緯度の観測データ不足、加えて人為起源及び森林火災等による大規模発生源、土地利用変化に伴う炭素放出の定量化の難しさが挙げられた。

# 研究成果を用いた、日本国民との科学・科学技術対話の活動(研究開始～プレゼン前日まで)

## ①小・中・高等学校の理科授業での特別授業

実施日	学校名等	所在地	説明した「研究成果」、「実生活との関連」等
H26.11.14 H27.11.18	陸別小・中学校 陸別中学校	北海道陸別町 北海道陸別町	・小学5年生、中学1年生に対し温室効果ガス観測の成果につき説明 ・中学3年生に対し、温室効果ガス観測の成果につき説明

## ②大学・研究機関の一般公開での研究成果の講演

実施日	主催者名	講座名	開催地	参加者数	講演した「研究成果」、「参加者との対話の結果」等
H26.7.19	国立環境研	夏の大公開	茨城県	所全体4144名	・温室効果ガス観測研究の成果につき展示・解説
H27.4.18	国立環境研	春の環境講座	茨城県	所全体 595名	・温室効果ガス観測研究の成果につき展示・解説
H27.7.18	国立環境研	夏の大公開	茨城県	所全体4433名	・温室効果ガス観測研究の成果につき展示・解説
H28.4.23	国立環境研	春の環境講座	茨城県	所全体 654名	・温室効果ガス観測研究の成果につき展示・解説
H28.7.23	国立環境研	夏の大公開	茨城県	所全体5250名	・温室効果ガス観測研究の成果につき展示・解説
H26.10.11	JAMSTEC	施設一般公開	神奈川	130名	・地球の温室効果ガス循環の研究成果につき講演

## ③一般市民を対象としたシンポジウム、博覧会、展示場での研究成果の講演・説明

実施日	主催者名	シンポ名	開催地	参加者数	講演した「研究成果」、「参加者との対話の結果」等
H26.6.13	国立環境研	公開シンポ	東京	690名	・温室効果ガスの今一止まらない濃度上昇につき講演
H26.6.27	国立環境研	公開シンポ	奈良	411名	・温室効果ガスの今一止まらない濃度上昇につき講演
H26.8.25	動物学会	公開講演会	東京	120名	・地球温暖化と炭素循環に関する講演と対話
H27.3.5	気象研究所	成果発表会	東京	260名	・大型旅客機による温室効果ガス観測につき講演
H28.6.17	国立環境研	公開シンポ	京都	238名	・地球をめぐる温室効果ガスにつき講演
H28.6.24	国立環境研	公開シンポ	東京	488名	・地球をめぐる温室効果ガスにつき講演
H28.9.11	環境省	「いぶき」の今とこれから	東京		・全球規模での温室効果ガス監視の必要性につき講演

## ④インターネット上での研究成果の継続的な発信

開始日	種類	アクセス/参加者数	発信した「研究成果」等
H26.9.10～ H28.8.14～	国環研動画チャンネル 国環研動画チャンネル	438回(2年) 204回(6か月)	・温室効果ガスの今一止まらない濃度上昇(公開シンポ講演)動画 ・地球をめぐる温室効果ガス(公開シンポ講演)動画

## 本課題の成果に係る「査読付」論文(国際誌・国内誌)の発表

執筆者名	発行年	論文タイトル	ジャーナル名等
Prabir K. Patra (第2), Shamil Maksyutov (第4) 他	2016	Top-down assessment of the Asian carbon budget since the mid 1990s	Nature Communications 7, 10724
梅澤 拓(第1), 丹羽 洋介(第2) 他	2016	Winter crop CO <sub>2</sub> uptake inferred from CONTRAIL measurements over Delhi, India	Geophys. Res. Lett., 43, doi: 10.1002/2016GL070939

他 9本。 以上は全て、脚注又は謝辞に「環境省」・「環境研究総合推進費」・「課題番号」を記載。

## 本課題の成果に係る「査読付論文に準ずる成果発表」論文の発表 又は 本の出版

執筆者名	発行年	タイトル	ジャーナル・出版社名等
町田敏暢	2016	シベリア上空の温室効果ガス	低温環境の科学事典
丹羽洋介	2017	4次元変分法を用いたCO <sub>2</sub> インバージョン解析	月刊海洋, 3月増刊号 (号外59号)

## マスコミ発表(プレスリリース、新聞掲載、TV出演、報道機関への情報提供等)

種類	年月	概要	その他特記事項
プレスリリース	2016.2.1	大気化学輸送モデルを用いた新たな手法により地域別のメタン放出量を推定(海洋研究開発機構・国立環境研)	
プレスリリース	2016.12.1	インド・デリー周辺の冬小麦が都市排出を上回る二酸化炭素を吸収(国立環境研・気象研究所)	毎日新聞(2016.12.28)、環境新聞(2016.12.14)掲載

以上は全て「環境省」・「環境研究総合推進費」・「課題番号」の掲載を情報提供先に依頼。

## 国内外における口頭発表(学会等)

学会等名称	年月	発表タイトル	その他特記事項
米国地球物理学会2014秋季大会	2014.12.	【招待講演】 Detecting robust signals of interannual variability of gross primary productivity in Asia from multiple terrestrial carbon cycle models and long-term satellite-based vegetation data	発表者:市井和仁(第1), 近藤雅征(第2)他
日本地球惑星科学連合2015年大会	2015.5.24	【招待講演】 気候変動下の陸域生態系応答検出に関するシームレスな科学の展開	発表者:三枝信子

他 117件。

## 知的財産権

知的財産権の種類	概要(簡潔に)	その他特記事項
	なし	

## 行政ニーズに即した 環境政策への貢献事例

概要(簡潔に)	その他特記事項
文科省第6期地球観測推進部会(第8回)にて、成果の一つである地上・航空機・衛星観測等に基づく温室効果ガス観測・解析の取組について委員に説明(2016.12.8)	
第9回GEOSSアジア太平洋シンポジウム(東京)にて、GEO炭素及びGHGイニシアティブの分科会を開催、そのまとめを Tokyo Statement 2017 に反映(2017.1.11~13)	第39回GEO執行委員会(スイス)にて日本のGHG観測関連の取組が紹介される予定(2017.3)

## 行政ニーズに即した 今後の環境政策への貢献「見込み」

概要(簡潔に)	その他特記事項
本課題の成果の一部はGOSATシリーズの解析システムとして実用する準備を進めている。	
各種政府間パネルへの貢献: IPBES Lead Author (市井)、IPCC 特別報告書(Land) Scoping (三枝)	

## その他特記事項（最大5項目程度）

### 概要（箇条書きで簡潔に）

- ・【表彰】Prabir K. Patra「2016年度日本気象学会堀内賞」受賞。対象研究業績「モデル解析を基にした温室効果気体の全球規模循環に関する研究」
- ・【国際共同研究の推進】”International workshop on Asian Greenhouse Gases” (H27.3.2~4、横浜)を開催し(JAMSTEC・NIES)、本課題を含む最新の結果とその論文化について議論。国内外の第一線の研究者17名が参加。P. Canadell (CSIRO)、B. Poulter (モンタナ州立大)、R. Thompson (ノルウェー大気研究所)、P. Ciais (LSCE)(スカイプ参加)、他。
- ・【国際共同研究の推進】FLUXCOM “an intercomparison of ‘data-oriented’ approaches of estimating carbon and energy fluxes at continental/global scale using FLUXNET data”, Counter Part: M. Jung (Max Planck Institute for Biogeochemistry). 本課題で使用しているSVRモデルによる広域化手法を提供し参画、Natureに共著論文1編発表(市井)。
- ・【国際共同研究の推進】陸域生態系モデルの国際統合解析。本課題に関連するアジア域のモデル比較 (Asia-MIP: 代表 市井)に加え、マルチ空間スケールでのモデル相互比較(MsTMIP)、地球規模の温暖化影響評価に関するモデル相互比較 (ISI-MIP) 等に参画(伊藤)。
- ・【国内・国際会議セッション開催、人材育成活動】本課題参画者は、米国地球物理学会(2015)、アジア-オセアニア地球科学会(AOGS) (2014, 2015, 2016)、日本地球惑星連合大会(2016)、GEOSS アジア太平洋シンポジウム(2015, 2017)、AsiaFlux Workshop (2014, 2015)等でセッション(分科会)を開催し議論を推進。アジア工科大トレーニングコース、インド・バナラス・ヒンドゥー大学講義他にて人材育成を実施。