

			地球一括計上
課題名	東アジアの温室効果ガス収支推定のための大気多成分観測データの診断モデル解析		
担当研究機関	独立行政法人国立環境研究所		
研究期間	平成18－20年度	合計予算額 (当初予算額 ベース)	54,092千円 (うち20年度 16,278千円)
研究体制	独立行政法人国立環境研究所		
研究概要	<p>1. 序 (研究背景等)</p> <p>中国・東南アジアの各国の急速な経済発展により、大気汚染ガスや温室効果ガスの排出は急激に増加し、この10年間で約2倍に達している。従って、これらの国々の大気汚染・温室効果ガスの排出削減には早急に手を打つ必要がある。その際、統計データが不十分な国々では、大気観測からその排出量を地域・都市のスケールで算出する手法が有効である。</p> <p>現在、地球規模では、百を超える二酸化炭素濃度の観測データから二酸化炭素の発生源や吸収源を推定する手法 (インバースモデル) が成果をおさめている。さらに、北米やヨーロッパでは地域レベルにこの手法を適用する研究が進んでいる。しかし、これらのインバースモデルの手法はよほど高密度の観測ネットワークを有する地域でない限り精度よく収支分布を推定することができない。諸事情により、東アジアでは欧米のような高密度の観測ネットワークを早急に形成できる見込みがない。しかしながら、国立環境研究所のモニタリングステーションをはじめとする観測地点において、二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスに加え、一酸化炭素、酸素/窒素比、二酸化炭素やメタンの同位対比、ハロカーボンや六フッ化硫黄など、高度なモニタリング技術による多成分の観測データが蓄積されている。そのため、このデータを駆使して、観測点数が少ないデータセットを有効利用し、東アジアにおける温室効果ガスの発生・吸収の空間分布を定量的に解析及び導出することが期待される。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>本研究の最終目的は、東アジアのより正確な温室効果ガスの発生源・吸収源の空間分布を、インバース計算により推定することにある。平成18年度及び平成19年度は主にインバースモデルに使用するための大気輸送モデルである結合モデル (ラグランジアン型輸送モデルとグリッド型輸送モデルを組み合わせたモデル) の開発と同モデルの性能検証を行った。</p> <p>平成20年度は、二酸化炭素の発生・吸収の空間分布をインバース計算より定量的に解析及び導出するモデル (インバースモデル) を開発し、同モデルを使用して1996年の全球64地域の月平均フラックスの季節変動を計算した。インバースモデルに使用する観測データとしては、National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) のEarth System Research Laboratory (ESRL) が提供している観測データを選択した。更に、東アジアのフラックス解析の精度を高めるため、国立環境研究所・地球環境研究センターが波照間及び落石岬の両ステーション (図1) で行っている、連続観測データも併せて使用した。</p> <p>3. 研究の内容・成果</p> <p>(1) インバースモデルの概要</p> <p>多くのインバース計算で採用されている“batch”モードと呼ばれる解法では、計算の対象期間に含まれる全ての観測データとモデル計算値を使用して、一度に全領域のフラックス推定値の最適解を求める。観測データとして年平均値や月平均値を使用する場合はデータ数も少ないため、batchモードでインバース計算を行ったとしても、計算資源に関してはさほど大きな問題とはならない。しかし、本研究では実測値の細かい濃度変化も再現できるという結合モデルの利点を生かすために、観測データの近似曲線化 (データフィッティング) や平均化は行わずに、オリジナルのデータをそのまま用いた。</p>		

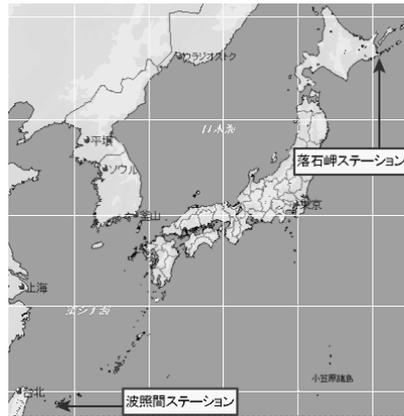


図1 波照間及び落石岬ステーションの所在地

従って、扱うデータ量が膨大となるために、batchモードでインバース計算を行うには多くの計算資源が必要となる。この問題を避けるため、我々はBruhwiler等によって提唱された“fixed-lag Kalman smoother technique”のアルゴリズムに基づいてインバース計算を行い、月平均フラックスを推定した。この手法では数ヶ月程度の時間窓を設け、設定した時間窓内でのインバース計算を、時間窓を1月ずつずらして繰り返し行っていく。この計算手法を用いることで、計算資源を大幅に節約することができ、効率よくフラックスの推定を行うことができる。

(2) インバース計算の結果

図2～図7は、インバース計算で得られた1996年の月平均フラックスの季節変動である。図中の実線は波照間・落石岬の連続観測データを使用した結果、点線は使用せずに得られた結果である。尚、図中のエラーバーは各月のフラックスの不確かさを表している。

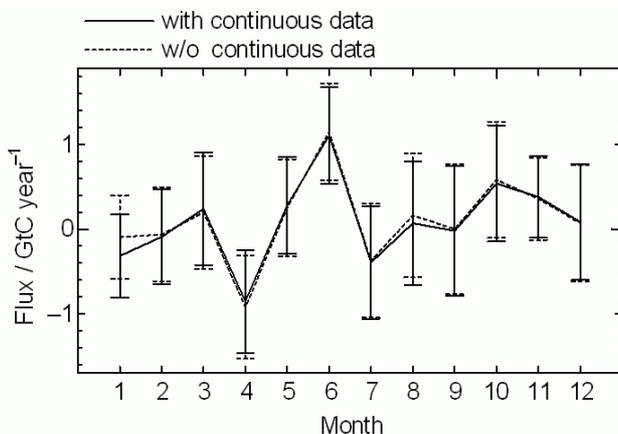


図2 アメリカ合衆国北西部のフラックス季節変動

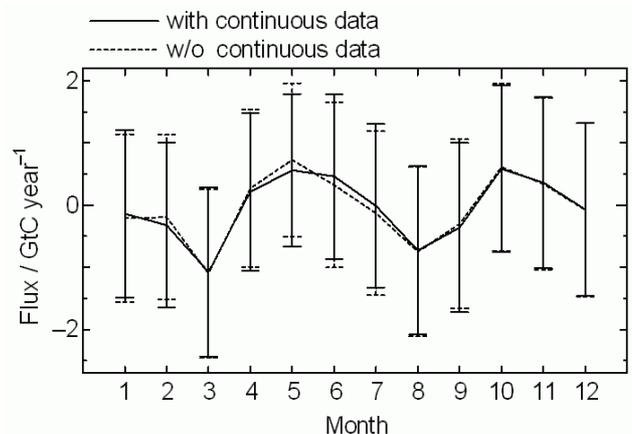


図3 アマゾン川下流地域のフラックス季節変動

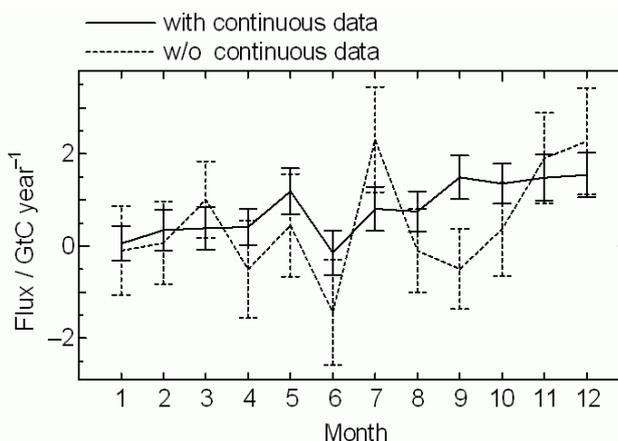


図4 ロシア南東部のフラックス季節変動

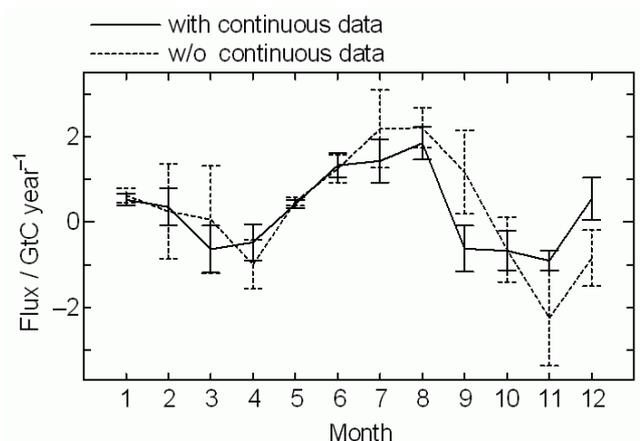


図5 中国東部のフラックス季節変動

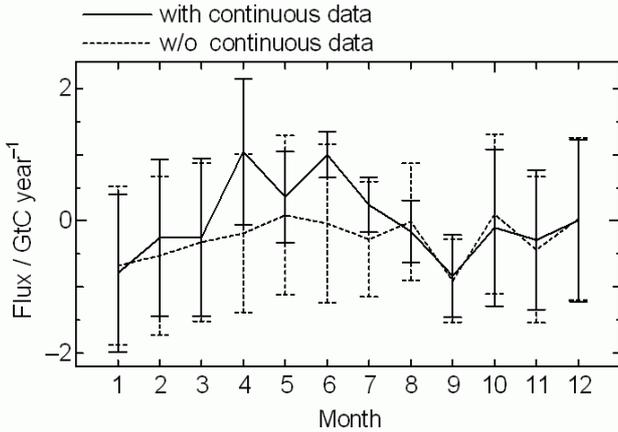


図6 インドネシア諸島のフラックス季節変動

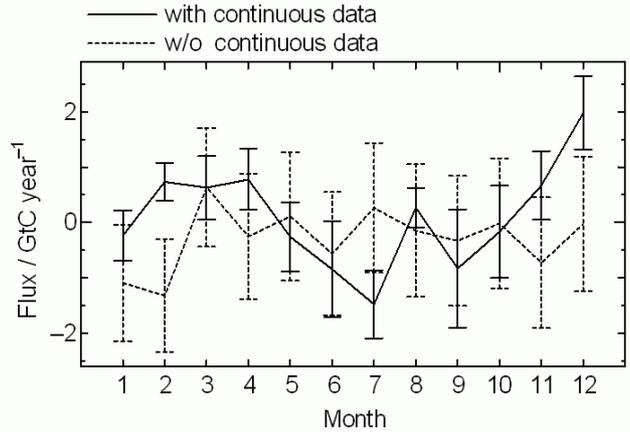


図7 インドシナ・マレー半島のフラックス季節変動

図2、図3に示してあるような波照間・落石岬から遠く離れた地域のフラックスに関しては、実線と点線の間には大差は見られず、各月のフラックスの不確かさにも大きな違いはない。一方、図4～図7に示してある波照間・落石岬に比較的近い地域のフラックスを見ると、実線と点線の間には明確な違いが現れ、連続観測データを使用した方が明らかに不確かさの小さい月がいくつか確認できる。特に落石岬や波照間に近いロシア南東部（図4）や中国東部（図5）では、ほぼ全ての月に関して実線の方が点線よりもエラーバーの幅が大きく減少している。

図8は波照間と落石岬の二酸化炭素濃度の実測値と計算値である。計算値に関しては、インバース計算を行う前のフラックス（ア・プリオリ・フラックス）から得られた結果と、インバース計算によって得られたフラックス（ア・ポステリオリ・フラックス）から得られた結果を示してある。グラフからは、ア・プリオリ・フラックスからの結果とア・ポステリオリ・フラックスからの結果との間に大きな違いは確認しづらいが、ア・プリオリ・フラックスからの結果に見られる幾つかの夏場の鋭い濃度減少のピークが、ア・ポステリオリ・フラックスからの結果では幾分弱まっている。

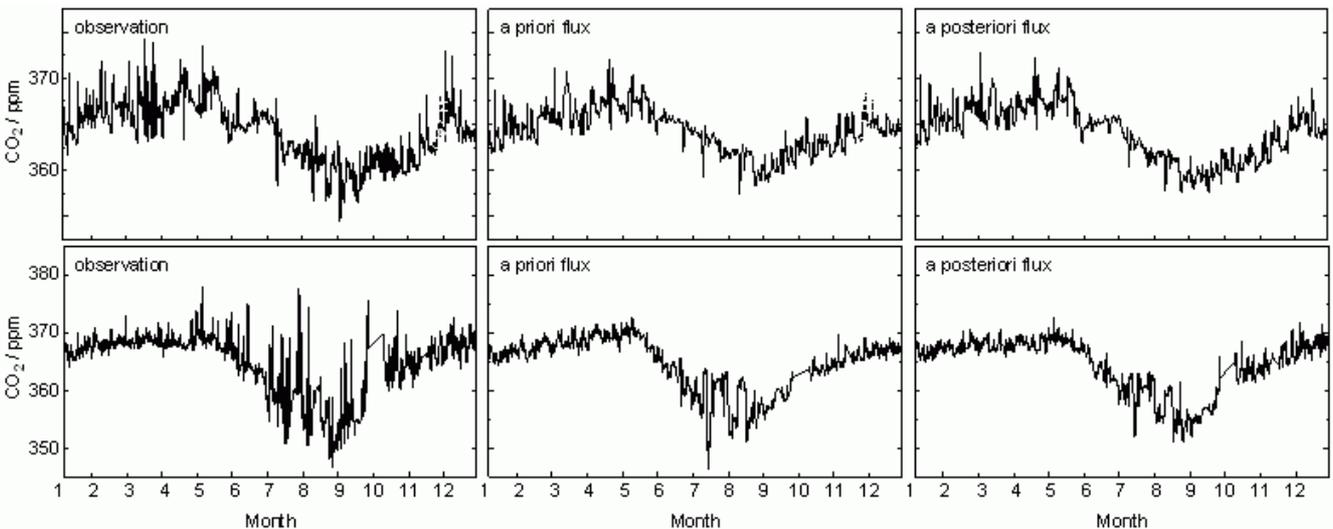


図8 波照間(上段)と落石(下段)の二酸化炭素の濃度変動

実測値(左)；計算値-ア・プリオリ・フラックス(中)；計算値-ア・ポステリオリ・フラックス(右)

表1は実測値と計算値との相関係数である。移動平均法によって季節変動を除去した実測値と計算値との相関係数も併せて表1に示してある。季節変動の有無に関わらず、ア・ポステリオリ・フラックスから得られた計算値のほうがア・プリオリ・フラックスから得られたものよりも、実測値と良い相関を示している。

表 1 実測値と計算値の相関係数

	波照間		落石岬	
	季節変動有	季節変動無	季節変動有	季節変動無
実測値－計算値(ア・プリアリ)	0.831	0.501	0.858	0.410
実測値－計算値(ア・ポステリオリ)	0.902	0.569	0.905	0.513

4. 考察

波照間及び落石岬の連続観測データをインバース計算に使用したところ、それらのデータが東アジア地域のフラックス推定に大きな影響を及ぼし、得られる推定値の不確かさを大幅に減少することが確認された。また、波照間と落石岬の二酸化炭素濃度を、インバース計算によって得られたフラックスから計算し、実測値との相関係数を求めたところ、ア・プリアリ・フラックスから計算した濃度よりも良い相関を得ることができた。本研究で我々が行ったような、インバースモデルに大気輸送モデルとしてラグランジアン型粒子拡散モデルを導入し、また大量の観測データをオリジナルデータのまゝ使用したインバース計算は、世界でも類を見ないものである。