

## 数値モデルを用いた大気-陸上生態系間炭素フラックスの 年々変動のシミュレーション

井口敬雄・木田秀次\*

\* 京都大学大学院理学研究科

### 要 旨

陸上生態系モデル(Sim-CYCLE)を用いて、大気-陸上生態系(植生および土壌)間の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)フラックスの年々変動についてシミュレーションを行った。計算された全球フラックスの年々変動は、観測から推定される大気中 CO<sub>2</sub> 残留量の年々変動と比較して、変動の振幅は小さいものの良く似ており、ENSO 監視指数との高い相関が認められた。緯度帯別に見ると、熱帯が最も年々変動の振幅が大きかった。またエルニーニョ監視海域に近い領域よりも少し離れた領域の方が ENSO 監視指数との相関が高く、これらの合計が全球フラックスとしての ENSO 監視指数との相関を形成しているという結果が出た。

**キーワード：** 二酸化炭素, CO<sub>2</sub>, 陸上生態系モデル

### 1. はじめに

大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)濃度は上昇の一途をたどっており、現在その増加の割合は平均して年間 1.5ppm を超える(Conway et al. 2007)。これを炭素の量に直すと、平均して年間 3GtC を超える CO<sub>2</sub> が大気中に残留している事になるが、年毎に年間残留量を見るとその変動は非常に大きく、1GtC 近くまで下がる年もあれば 5GtC 近くまで上がる年もある(Conway et al. 1994)。

大気中 CO<sub>2</sub> 増加の主要因は人為起源による放出であるが、最大の放出源である化石燃料の燃焼による放出量の年々変動は大気中 CO<sub>2</sub> 残留量の年々変動に比べて非常に小さいと推定されている(Marland et al. 2006)。土地利用による放出量についても化石燃料の燃焼ほど正確に推定する事は出来ないが(Houghton 2003)、やはり人間活動であり、その推定値から考えても大気中 CO<sub>2</sub> 残留量のような大きな年々変動は無いものと思われる。したがって、大気中 CO<sub>2</sub> 残留量の年々変動は、主な吸収源である海洋または陸上生態系による吸収量の変動によると考えられるが、その実態は未だ詳細が分かっていない(Schimel et al.

2001)。この年々変動の実態とメカニズムを明らかにする事は大気を中心とする炭素循環の解明において重要な課題であり、将来の大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の予測を行う上でも不可欠であると思われる。

現在は陸上・海洋共に、全球規模のフラックスの年々変動を推定できるまでには観測網が発達しておらず、もっぱら数値モデルによる研究が行われている。Bousquet et al.(2000)は輸送モデルによるシミュレーションの結果と観測値の差から逆転法によるフラックス分布とその年々変動の推定を行い、陸上生態系については 1980 年代には熱帯の、また 1990 年代前半は中高緯度におけるフラックス変動が卓越しているとした(1990 年代後半は両者は同等)。これに対し Cao et al.(2002)は陸上生態系モデルによるシミュレーションを行い、全球フラックスの年々変動において熱帯が支配的であるとした。また、Patra et al.(2005)は逆転法によって求めたフラックス分布の年々変動を森林火災の発生件数データ(ESA/ESRIN ATSR World Fire Atlas)や火災による CO<sub>2</sub> 放出の推定値(van der Werf et al. 2004)と比較し、熱帯や北方アジア(シベリア等)でのフラックスの年々変動において火災が重要な役割を果たしている事を示唆した。

このように、現状ではフラックスの年々変動に対して様々な解釈がなされ、食い違う点も多いのが現状である。

本研究では陸上生態系モデル Sim-CYCLE(Ito and Oikawa 2002)を用いて長期間のCO<sub>2</sub>漸増実験を行った。このシミュレーションによって求められた全球および領域毎の陸上生態系からのCO<sub>2</sub>フラックスの年々変動について他の研究と比較すると共に、最大規模の気候変動であるエルニーニョ/ラニーニャとの関連を調べるため ENSO 監視指数との相関を求めた。

## 2. 使用したモデルおよびデータ

本研究で使用した陸上生態系モデル Sim-CYCLE は、植物を葉・茎・根の3層、土壌を有機物層と鉱物層の2層に分け、光合成による有機物の生産、分配、呼吸による消費、枯死、分解などを生理学的プロセスに基づいて計算する。光合成による吸収と、呼吸および分解による放出の差が大気との間の炭素(CO<sub>2</sub>)フラックスとなる。水平解像度は2.5° × 2.5°で、タイムステップは1日である。

Sim-CYCLEに必要な大気、放射量、土壌水分のデータはNCEP/NCARの再解析データ(1951-2000年)を用いた。

さらに Sim-CYCLEにはCO<sub>2</sub>濃度データも必要だが、こちらはWMO/WDCGGが集めた世界各地の観測データ(1990年、月平均値)から各グリッドにおける濃度を内挿で求め、さらに1日毎の濃度をスプラインで求めた。また全球年間平均濃度は1750年以前を280ppmとし、1958年以降はMauna Loaでの観測値を用い、その間は南極の氷床コアに含まれる大気の分析結果(IPCC 1995)も参考にしてスプライン内挿を行い決定した。

## 3. シミュレーションの手法

### 3.1 Sim-CYCLEの初期状態の設定

まず、1951～2000年の気候データ(NCEP/NCAR再解析データを平均したもの)と1990年のCO<sub>2</sub>濃度分布(2章で説明した通り、WMO/WDCGGの観測データから内挿とスプラインにより得られたもの)を用いて Sim-CYCLE が定常状態になるまでシミュレーションを行い、NPP(第一次生産量)と炭素貯蔵量がWhittaker(1975)の数値に合う様、パラメータの調節を行った。次に、気候データ(同上)と1750年以前のCO<sub>2</sub>濃度分布(前述の1990年のCO<sub>2</sub>濃度分布から全球年間平均濃度の差を引いたもの)を用い

て Sim-CYCLE の平衡実験を行い、得られた定常状態をシミュレーションの初期値とした。

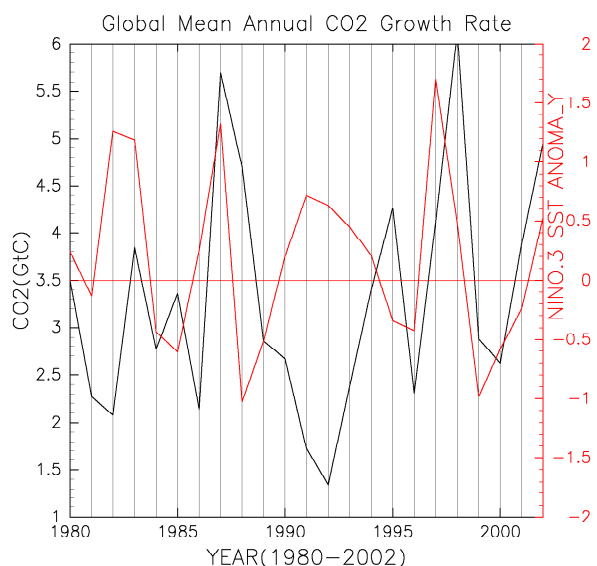
### 3.2 CO<sub>2</sub>漸増実験の方法

3.1で得られた初期状態を用いて、1751～2000年のCO<sub>2</sub>漸増実験を行った。1990年以外の年のCO<sub>2</sub>濃度は、1990年のデータから求めた濃度分布(2章を参照)から、1990年と当該年との全球年間平均濃度(2章を参照)の差を引いたものを用いた。またその他の入力データは、NCEP/NCAR再解析データ(1951-2000年)を繰り返して用いた。

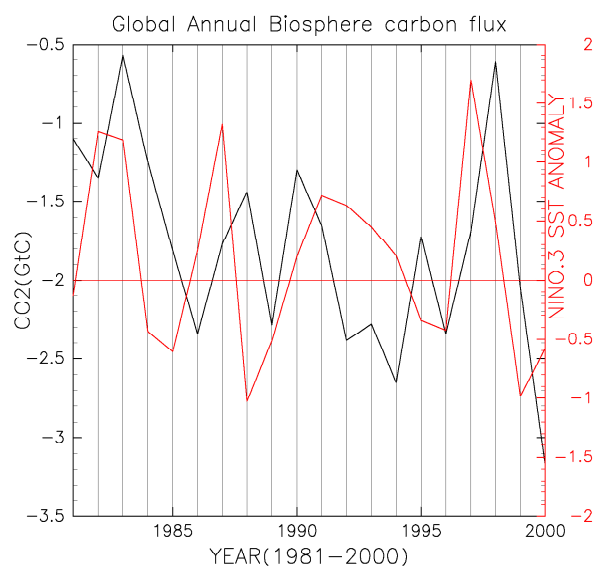
## 4. 結果と考察

大気中のCO<sub>2</sub>残留量の年々変動には、エルニーニョやラニーニャとの相関が見られる。Fig. 1は全球平均CO<sub>2</sub>濃度の年間増加量(Conway et al. 2007)より換算した大気中の年間CO<sub>2</sub>残留量、および年平均した ENSO 監視指数(気象庁 2007)をプロットしたものである。ENSO 監視指数(月間値)が6ヶ月以上0.5を超えたときはエルニーニョ、-0.5を下回ったときはラニーニャと定義されている。Fig. 1では ENSO 監視指数(赤実線)の変動に対し、大気中年間CO<sub>2</sub>残留量(黒実線)が1年遅れで同様に変動しているケースが多い事が分かる。しかし中には1990～1995年の期間の様に、ENSO 監視指数と逆方向に変化している場合もある。

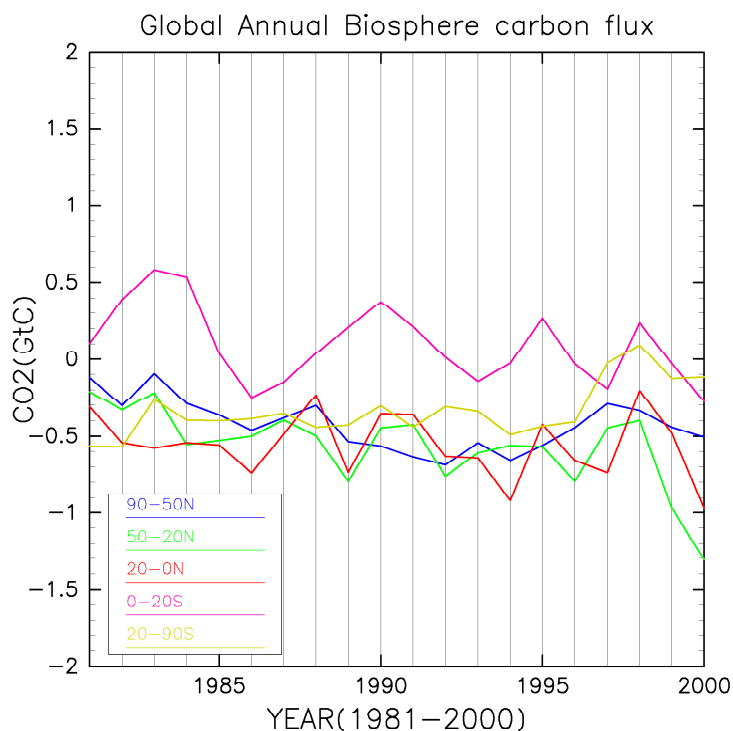
そこで、Sim-CYCLEが計算した陸上生態系からの全球フラックスの年々変動についても同様にプロットを行った(Fig. 2)。その結果、大気中CO<sub>2</sub>残留量(Fig. 1)と同様、ENSO 監視指数と良く似た変動が見られた。Fig. 1において ENSO 監視指数と大気中CO<sub>2</sub>残留量とが大きく食い違った1990～1995年の期間をFig. 2で見ると、1991、1992年は ENSO 監視指数の上昇と逆に陸上生態系フラックスは減少し(注意:この場合、実際は陸上生態系による炭素吸収量の増加であるが、本論文ではこの後も陸上生態系から大気への放出を正とし、フラックスの増加または減少という表現を用いる事にする)、1995年は ENSO 監視指数の低下に反してフラックスを増加させそれぞれFig. 1の残留量の変動に合致している。しかし、1990年は残留量の微減に対して陸上生態系からのフラックスは大きく増加している。尚、全球フラックス年々変動の位相は大気中残留量と良く似ているものの、その振幅は半分程度である。CO<sub>2</sub>の大気中残留量に比べ、フラックス年々変動の振幅が小さいというのは多くの陸上生態系モデルに共通した傾向である(Patra et al. 2005)が、その原因はまだはっきりしていない。



**Fig. 1** Residual atmospheric carbon (black line) and El Nino monitoring index (red line) (JMA 2007). Residual atmospheric carbon is converted from growth of globally averaged mixing ratio (Conway et al. 2007) by 1ppm=2.1GtC.



**Fig. 2** Global carbon flux from terrestrial biosphere calculated by Sim-CYCLE (black line) and El Nino monitoring index (red line) (JMA 2007).

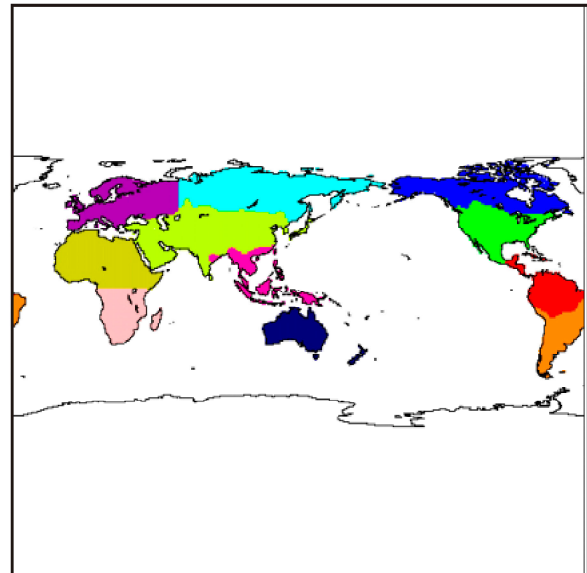


**Fig. 3** Inter-annual variation of global CO<sub>2</sub> fluxes calculated by Sim-CYCLE divided into 5 latitudinal ranges (90N-50N, 50N-20N, 20N-0, 0-20S, 20S-90S).

その差の要因として海洋によるフラックスも考えられるが、逆転法の結果では陸上からのCO<sub>2</sub>フラックスの年々変動は数値モデルに比べずっと大きくその振幅は大気中残留量と同等であり、また海洋フラックスとの位相は一致している訳ではない(Baker et al. 2006)。

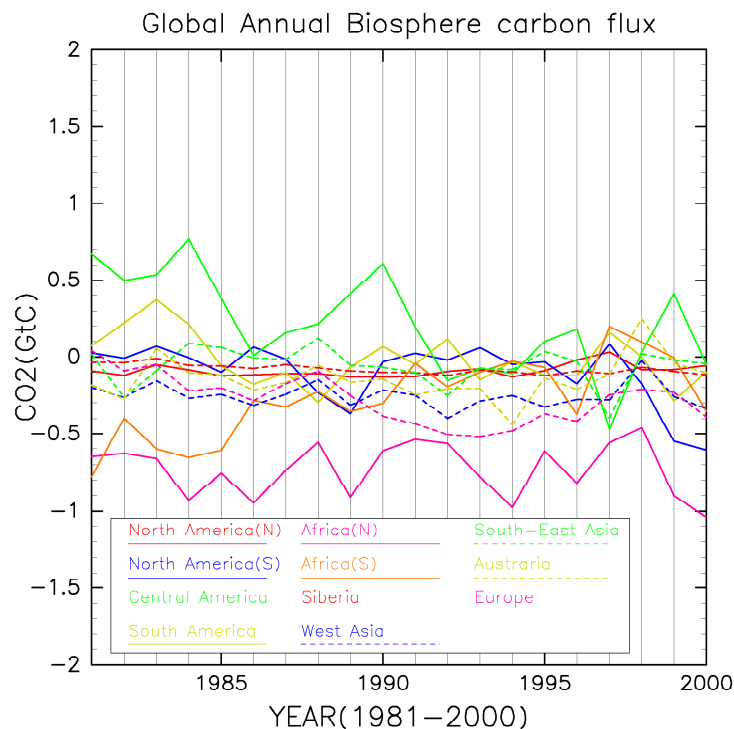
次に、緯度帯別にフラックスの年々変動を調べた。北から90°N-50°N, 50°N-20°N, 20°N-0°, 0°-20°S, 20°S-90°Sの緯度帯に分け、それぞれにおいてSim-CYCLEが計算したCO<sub>2</sub>フラックスの年々変動をFig. 3に示した。Fig. 3を見ると、期間を通じて熱帯の年々変動が卓越しているのが分かる。この点はCao et al. (2002)と一致している。但し南半球熱帯(0°-20°S)における年々変動の振幅は小さくなっている。

さらに、領域別にフラックスの年々変動を見てみた。領域の区分はTransCom3 Layer2 と同一のもの(Gurney et al. 2007)を用いた(Fig. 4参照)。そのプロット図をFig. 5に示す。最も年々変動が大きかったのは熱帯中南米(Central America, 緑実線)で、次いで温帯南米(South America, 暗黄実線)、アフリカ北部(Africa(N), 橙実線)、アフリカ南部(Africa(S), 紫実線)といった領域が目立った。しかし、どの領域からのフラックス年々変動がエルニーニョやラニーニャと高い相関があるかは一目では分からなかった。



**Fig. 4** A map of terrestrial regions used in TransCom3 Layer2 experiment (Baker et al. 2006).

そこで、Fig. 1, Fig. 2で示した年平均 ENSO 監視指数の変動分と Fig. 5で示した各領域からの年間CO<sub>2</sub>フラックスの変動分との相関係数を求めた。同じ年の変動の相関に加え、Fig. 2に見られる通り全球フ



**Fig. 5** Inter-annual variations of regional terrestrial biosphere CO<sub>2</sub> fluxes calculated by Sim-CYCLE. Note that color of each line is not same as corresponding region of Fig. 4.

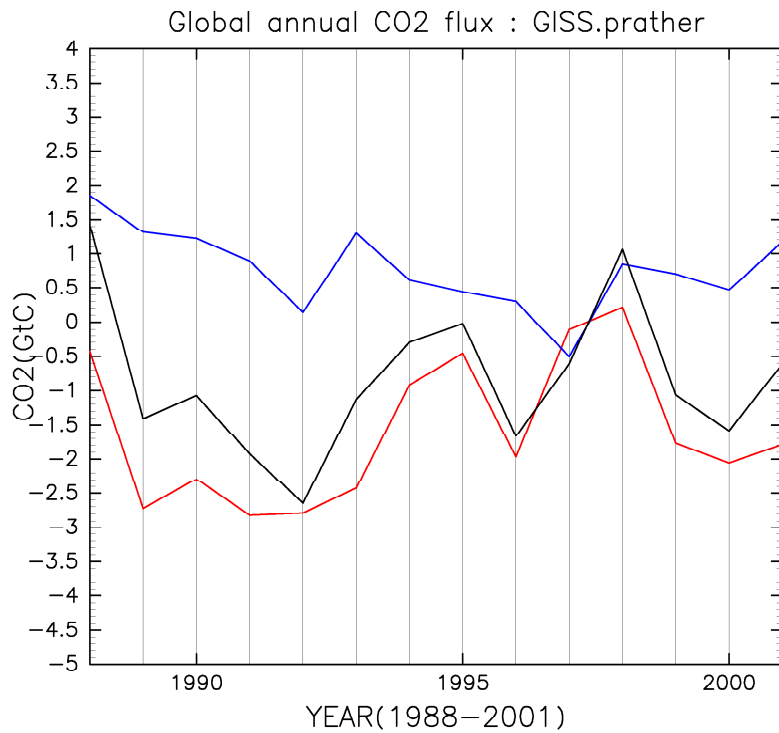
Region	No lag	1 year lag	Region	No lag	1 year lag
North America(N)	0.29	-0.10	Siberia	0.13	0.46
North America(S)	0.61	0.12	West Asia	-0.07	0.66
Central America	-0.58	0.21	Sout-East Asia	-0.71	0.51
South America	0.66	-0.08	Australia	-0.06	0.61
Africa(N)	0.24	0.45	Europe	0.03	0.39
Africa(S)	0.46	0.11			

**Table 1** Correlation coefficients between increase of annual mean ENSO monitoring index and increase of annual CO<sub>2</sub> flux at regions shown in Fig. 4 for the period of 1981-2000. For increase of regional flux, both no lag data and 1 year lag data are used to calculate coefficients.  $|r|=0.45$  corresponds to 95% significance level under two-sided test.

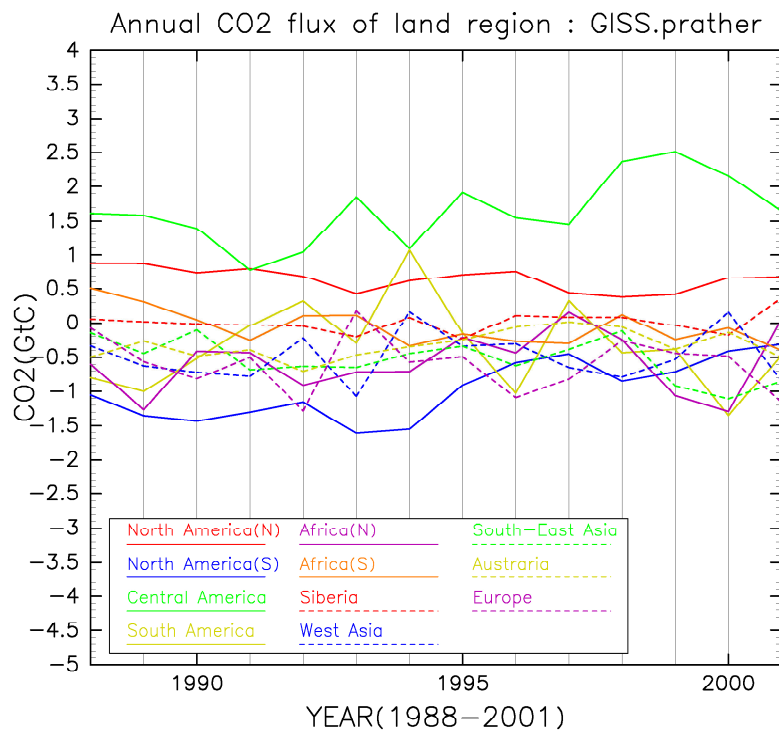
ラックスの増減が ENSO 監視指数の増減に 1 年遅れていることが多いため、1 年後のフラックス変動分との相関も求めた。その結果を Table 1 に示す。全球フラックスと同様、ENSO 監視指数の変動に 1 年遅れで高い相関を示したのはアフリカ北部、北方アジア (Siberia)、温帯アジア (West Asia)、オーストラリア、ヨーロッパと、ENSO 監視海域から比較的離れた領域が多かった。ENSO 監視海域に比較的近い領域を見ると、北米大陸南部 (North America) ではラグ無しで高い正の相関を示すが 1 年後には大きく下がる。熱帯中南米ではラグ無しで高い負の相関を示し、1 年後にはやはり相関は小さくなる。東南アジアではラグ無しで高い負の相関を示すが、1 年後には一転して高い正の相関を示した。以上のように ENSO 監視海域に近い領域では同年に高い相関を示す事が多いが、例外的にオーストラリアはラグ無しでほとんど相関を示さず、1 年後に高い正の相関を示した。全球フラックスで考えると、ENSO 監視指数の大きな変動があった年は監視海域に近い領域が反応するが、その相関係数は正負に分かれ互いに打ち消しあっていると考えられる。1 年遅れで離れた領域に正の相関をもたらし、結果その和として全球フラックスの正の相関となって表れているということになる。

次に、Sim-CYCLE による全球陸上生態系フラックスが ENSO 監視指数と負の相関を示しているケースについて考えてみる。Fig. 1 の説明でも述べた通り、1990～1995 年において ENSO 監視指数の増減に対し大気中年間 CO<sub>2</sub> 残留量が顕著な逆相関の変動を見せているが、Fig. 2 の全球陸上生態系フラックスも同期間の中で 93-94 年の減少を除き ENSO 監視指数に対して 1 年遅れで逆の変動を見せている。この期間において Fig. 1 と Fig. 2 とで大きく異なるのは 1990 年

で、CO<sub>2</sub> 残留量が 89 年よりわずかに減っているのに対し Sim-CYCLE 全球フラックスの方は大幅な増加を見せている。Fig. 5 で見ると、この年に大きな増加を見せた領域は北米大陸温帯 (青実線)、アフリカ大陸北部 (紫実線)、熱帯中南米 (緑実線)、南米大陸温帯 (黄実線) である。この内、北米大陸南部はラグ無しの正の相関、アフリカ大陸北部は 1 年ラグの正の相関と、Table 1 の統計に沿って説明する事ができるが、南米大陸の 2 領域は統計と異なる変動を見せている。特に熱帯中南米が通常のラグ無しで負の相関とは逆にフラックスを増加させていることが大きく寄与していると思われる。この年は Cao et al. (2002) の生態系モデルを用いたシミュレーションでも全球規模のフラックスが大きく増加しており、陸上生態系以外の大きな CO<sub>2</sub> 吸収要因が存在した可能性を示唆している。1991, 1992 年は大気中 CO<sub>2</sub> 残留量と同様、全球フラックスも大きく減少している。Fig. 5 を見ると 1990 年に大きく増加した熱帯中南米の CO<sub>2</sub> フラックスが逆に大きく減少し、特に 1992 年にはオーストラリアなどを除き多数の領域で一斉にフラックスが減少している。Cao et al. (2002) はこの時期について、低温による呼吸量の減少が光合成生産量の減少を上回ったためと説明している。大気中 CO<sub>2</sub> 残留量は 1992 年から 1995 年まで一気に増加しているが Sim-CYCLE による全球フラックスは 1993 年にわずかに増加したものの 1994 年には再び大きく減少している。この年はアフリカ北部とオーストラリアでフラックスが大きく減少し、それ以外の地域は大きな変動は無い。1993 年には全球フラックスは大きく増加しているが、Fig. 4 を見るとその大部分は熱帯でのフラックス増加の寄与によるものであることが分かる。Fig. 5 で領域別に見ると、統計的には ENSO 監視



**Fig. 6** Inter-annual variation of global CO<sub>2</sub> fluxes calculated by TransCom3 Layer2 inversion method using UCI transport model (Prather et al. 1987). The red line, blue line, black line represent terrestrial flux, oceanic flux, and total flux respectively.



**Fig. 7** Inter-annual variation of regional land CO<sub>2</sub> fluxes calculated by TransCom3 Layer2 inversion method using UCI transport model (Prather et al. 1987).

Region	No lag	1 year lag	Region	No lag	1 year lag
North America(N)	-0.38	-0.31	Siberia	0.11	0.17
North America(S)	0.06	-0.19	West Asia	-0.17	-0.15
Central America	-0.45	0.25	Sout-East Asia	0.29	0.50
South America	0.48	0.16	Australia	0.25	-0.40
Africa(N)	0.48	0.33	Europe	0.04	0.26
Africa(S)	-0.15	0.32			

**Table 2** Correlation coefficients between increase of annual mean ENSO monitoring index and increase of annual regional CO<sub>2</sub> flux calculated by TransCom3 Layer2 inversion method using UCI transport model (Prather et al. 1987) for the period of 1988-2000. Same as Table 1, no lag data and 1 year lag data are both used to calculate coefficients.  $|r|=0.52$  corresponds to 95% significance level under two-sided test.

指数の変動と1年ラグで高い相関を示すオーストラリアとアフリカ北部でこの年は逆方向に大きくフラックスが変化していた。

最後に、TransCom3 Layer2(Gurney et al. 2007)において逆転法によって求められたフラックスの年々変動との比較を行った結果について述べる。TransCom Layer2では13の輸送モデルによるシミュレーションとその結果から逆転法によるフラックスの推定が行われたが、フラックスの推定値はモデル間の差が大きかった(Baker et al. 2006)。その中で平均に近い値が多いと思われたUCIモデル(Prather et al. 1987)の結果をFig. 6, Fig. 7, およびTable 2に示す。

Fig. 6は全球規模のフラックスの年々変動で、赤い線は陸上からのフラックスの合計、青い線は海洋からのフラックスの合計、黒い線は全球トータルのフラックスを表す。逆転法はCO<sub>2</sub>観測値を元にフラックスの解析を行うものであるから、基本的に全球フラックスの年々変動は大気中CO<sub>2</sub>残留量の変動と良く似たものになる。Fig. 6の赤と青の線はそれを陸上起源と海洋起源に分けたものになるが、陸上フラックスの方が海洋フラックスよりも全球フラックスと年々変動が似ており、支配的であることが分かる。大気中CO<sub>2</sub>残留量の変動に反しSim-CYCLEの全球フラックスが大幅に増加した1990年は、逆転法の結果では陸上フラックスの増加はわずかにとどまったものがほとんどであった。また1997, 1998年と2年続けて大気中CO<sub>2</sub>残留量が大幅に増加した年は、Sim-CYCLEが2年共大幅に増加したのに対し、逆転法では1998年の陸上フラックスの増加は小さめで海洋フラックスの増加の方が大きいと推定したモデルが多かった。Sim-CYCLEによる全球フラックスの年々変

動の振幅が大気中CO<sub>2</sub>残留量の振幅より小さい事はFig. 2の説明で述べたが、逆転法による陸上フラックスの年々変動と比べても小さかった。

Fig. 7はFig. 5と同様、陸上フラックスを領域別に分けて年々変動をプロットしたものである。Sim-CYCLEによる領域フラックスの年々変動が逆転法による領域フラックスの年々変動よりも小さいのは全球規模フラックスと同じだが、領域別フラックスの値域もSim-CYCLEが-1~0.5GtC/yr程度であるのに対し、逆転法では小さい年で2GtC/yr, 大きい年では5GtC/yr付近まで達した。領域別フラックスについては逆転法に用いたモデルによるばらつきが大きく共通点を見つけるのは難しいが、熱帯中南米のフラックスが正(実質放出)であるのはSim-CYCLEと同様のものが多かった。また、Sim-CYCLEでは最大の吸収源という結果が出たアフリカ北部からのフラックスは、逆転法のモデルの多くでは放出源であった。逆転法によるフラックス推定値においても、年々変動は低緯度の領域の方が大きかった。

Table 2はTable 1と同様、年平均ENSO監視指数の変動と逆転法で求めた領域フラックスの変動との相関係数を表にしたものである(データ期間が異なることに注意)。Sim-CYCLEの結果と逆転法の結果が比較的良く合っていたのは温帯南米、アフリカ北部、ヨーロッパで、逆に北米大陸(南北共)、温帯アジア、東南アジア、オーストラリアでは大きく異なっていた。東南アジアやシベリアでは火災によるCO<sub>2</sub>放出の寄与が大きいという指摘もあり(van der Werf et al. 2004, Patra et al. 2005)、生態系モデルと逆転法の結果の違いについてはこの点も考慮しなければならない。尚、相関係数についても逆転法の結果

はモデル間のばらつきが大きかった。

## 参考文献

### 5. 結論

陸上生態系モデルSim-CYCLEを用いたシミュレーションによる全球CO<sub>2</sub>フラックスの年々変動は観測から推定される大気中CO<sub>2</sub>残留量の年々変動に良く似たものであり、ENSO監視指数の変動に1年遅れで相関が認められるものであった。この相関はENSO監視海域に近くCO<sub>2</sub>フラックスの年々変動が大きい低緯度の領域によってもたらされるのではなく、離れた複数の領域におけるフラックスの和が人きく寄与しているという結果が得られた。しかし生態系モデルによる全球フラックスの年々変動の振幅は大気中CO<sub>2</sub>残留量の変動よりも大幅に小さく、またその年々変動もENSO監視指数、大気中CO<sub>2</sub>残留量の変動との間には食い違う点があった。さらに逆転法による結果と比較しても、フラックスの年々変動やそのENSO監視指数との相関について異なる点が多々見られた。とはいえ、逆転法もモデル間によるばらつきが大きいというのが現状である。また、東南アジアやシベリアでは頻発する大規模な森林火災によるフラックスも重要な放出源であるという主張もある。今後は生態系モデル、逆転法双方の改良にこうした他のフラックス要因も考慮していき、現在の相違点を解消していく必要がある。

### 謝辞

本研究において使用した陸上生態系モデルSim-CYCLEは筑波大学生物科学系の伊藤昭彦氏・及川武久氏が開発したものを提供していただき独自の変更を加えたものです。

Sim-CYCLEの入力値として使用した再解析気候データはNCEP/NCAR Re-analysis Data Setをインターネットを通じて取得し使用させていただきました。

CO<sub>2</sub>濃度の観測データはWMO/WDCGGが収集した世界各地の観測データ（月間値）を使用させていただきました。

ENSO監視指数は気象庁がホームページで公開しているデータを使用させていただきました。

TransCom3 Layer2実験における逆転法結果などのデータはTransCom Home Pageにて公開されているものをダウンロードし使用させていただきました。

本論文で使用した図は、地球電脳倶楽部の電脳ライブラリを使用して作成しました。

以上の各氏と各機関に御礼申し上げます。

- IPCC (2005): 地球温暖化の実態と見通し ―世界の第一線の科学者による最新の報告―, 気象庁編, 大蔵省印刷局発行.
- Baker, D. F., et al. (2006): TransCom 3 inversion intercomparison: Impact of transport model errors on the interannual variability of regional CO<sub>2</sub> fluxes, 1998-2003, *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 20, GB1002, doi:10.29/2004GB002439.
- Bousquet, P. et al. (2000): Regional changes in carbon dioxide fluxes of land and oceans since 1980, *Science*, Vol. 290, pp. 1342-1346.
- Cao, M. and Prince, S. D. (2002): Increasing terrestrial carbon uptake from the 1980s to the 1990s with changes in climate and atmospheric CO<sub>2</sub>, *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 16, No. 4, 1069, doi:10.1029/2001GB001553.
- Conway, T. J. et al. (1994): Evidence for interannual variability of the carbon cycle from the National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory Global Air Sampling Network, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 99, No. D11, pp.22831-22855.
- Gurney, K. and Denning, S. (2007): All TransCom3 data is available at TransCom home page, <http://www.purdue.edu/transcom/index.php>.
- Houghton, R. A. (2003): Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000, *Tellus*, 55B, pp.378-390.
- Ito, A., and Oikawa, T. (2002): A simulation model of the carbon cycle in land ecosystem (Sim-CYCLE): A description based on dry-matter production theory and plot-scale validation, *Ecological Modelling*, 151, pp.143-176.
- Marland, G., Boden, T. A., and Andres, R. J. (2007): Fossil fuel CO<sub>2</sub> emission data is available at CDIAC home page, [http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/em\\_cont.htm](http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/em_cont.htm).
- Patra, P. K. et al. (2005): Role of biomass burning and climate anomalies for land-atmosphere carbon fluxes based on inverse modeling of atmospheric CO<sub>2</sub>, *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 19, GB3005, doi:10.1029/2004GB002258.
- Prather, M. et al. (1987): Chemistry of the global troposphere: fluorocarbons as tracers of air motion, *Journal of Geophysical Research*, 92, pp.6579-6613.
- Schimmel, D. S. et al. (2001): Recent patterns and



mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems, *Nature*, 414, pp.169-172, doi:10.1038/35102500.

van der Werf, G. R. et al. (2004): Continental-scale

partitioning of fire emissions during the 1997 to 2001 El Niño/La Niña period, *Science*, 303, pp.73-76, doi:10.1126/science.1090753.

## **Inter-annual Variation of Carbon Flux between Atmosphere and Terrestrial Ecosystem Simulated by Biogeochemical Model**

Takao IGUCHI and Hideji KIDA\*

\* Graduate School of Science, Kyoto University

### **Synopsis**

Inter-annual variation of carbon flux between atmosphere and terrestrial ecosystem was simulated by biogeochemical process-based model (Sim-CYCLE). The calculated year-to-year variation of global carbon flux is similar to that of atmospheric carbon increase and highly correlative to variation of annual mean ENSO monitoring indices by a year lag. This correlation is a result of summing up fluxes of regions those are not close to ENSO monitoring area. But, amplitude of variation of global carbon flux by Sim-CYCLE is too small than that of atmospheric carbon increase. Moreover, there still remain large discrepancies between fluxes calculated by Sim-CYCLE and TransCom inversion method.

**Keywords:** carbon dioxide, biogeochemical model