

S-1 21世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究

テーマI ボトムアップ（微気象・生態学的）アプローチによる

陸域生態系の炭素収支解析に関する研究

(4) 陸域生態系の炭素収支データベース構築と統合解析に関する研究

1) アジアフラックスデータベースネットワークのデータ整備

独立行政法人農業環境技術研究所 大気環境研究領域

宮田 明

〈研究協力者〉 独立行政法人農業環境技術研究所

間野正美

独立行政法人農業環境技術研究所

小林義和・小野圭介

独立行政法人国立環境研究所

藤沼康実・平田竜一

岡山大学大学院環境学研究科

山本 晋

平成14～18年度合計予算額 30,753千円

(うち、平成18年度予算額 7,399千円)

※上記予算額には、間接経費 7,097千円を含む

[要旨] 生態系炭素収支のサイト間比較や統合解析を推進するためには、各サイトで取得されるデータ、なかでも渦相関法によるフラックスデータの品質が管理・統一されていることが重要である。本課題は、テーマIに参画しているタワーフラックス観測サイトのフラックス観測手法の実態を把握し、観測手法の差異がフラックス値に及ぼす影響を明らかにするとともに、データ処理の各段階のなかで特に問題となる品質管理の標準化手法と簡便な欠損データ補完法を提示することにより、プロジェクトのデータベースの構築や統合解析に貢献することを目的とした。テーマI参画サイトに対して実施した観測手法の実態調査により、渦相関計測システムについてはオープンパス型とクローズドパス型が混在している点を除けば問題は少ないが、データ処理法についてはフラックス計算法や品質管理法に違いがあることが明らかになった。既往の文献・資料の調査や、テストデータを各サイトに配布して実施した比較実験により、同一の計測システムであっても、サイト間の計算手法の違いにより、潜熱およびCO₂のフラックスの1ヶ月間平均値に10～15%の差が生じる可能性があるため、サイト間でフラックスの定量的な比較を行う場合には、計算手法の違いによる影響を考慮した判断が必要なことがわかった。フラックスデータの品質管理については、渦相関原データの統計値の検査を基本として、これに定常性や乱流強度等の検査を付加することにより、適切な品質管理が行えることや、偶然誤差も定常性の検査として有効なことを示した。また、水田とカラマツ林で観測されたCO₂フラックスの年間データを用いて、オープンパス型とクローズドパス型渦相関法の比較を行い、両者には系統的な差異があり、その主な要因は超音波風速温度計の温度信号を用いた密度変動補正項の過大・過小評価にあることを明らかにした。さらに、サイト間比較や統合解析への適用を目的とした簡便かつ誤差評価が可能な欠損データの補完法として多重代入法の有効性を確認し、テーマIの草原・農耕地サイトの炭素収支の比較研究に適用した。

[キーワード] 渦相関法、標準化、品質管理、補完（補間）、サイト間比較

1. はじめに

本プロジェクト研究のテーマIでは、シベリアから東アジア、東南アジアに分布する15のタワーフラックス観測サイトで、二酸化炭素、水蒸気、顕熱の各フラックスや、微気象、土壌呼吸量、生態学的調査の結果などの地上観測データが長期間にわたって収集される。このデータを用いて、観測サイト毎の炭素収支の詳細な研究を行うとともに、各サイトのデータを集積したデータベース(SI-DB)を構築・活用して、サイト間比較や統合解析を展開する。この場合に問題となるのは、テーマIで「共通の」フラックス観測手法として採用されている渦相関法で得られたデータの品質の統一である。

一般に、多数の観測点のデータを集積したデータベースが、サイト間比較や統合解析に有効活用されるためには、データの品質が統一され、各観測点のデータ間の相互検定がなされている必要がある。しかし、本プロジェクトは既存の観測サイトを結集する形で開始されたため、フラックスの計測にはオープンパス型渦相関法（OPEC）とクローズドパス型渦相関法（CPEC）の二種類のシステムが混在している。また、計測と並んで重要となるデータ処理法も必ずしも統一されていない。渦相関法のデータ処理には、フラックスの計算、品質管理、欠損データの補完（補間）などの段階がある（図1）が、それぞれの段階での処理方法の相違が、最終結果として得られるフラックス値にどのような影響を与えるかは明確ではない。サイト間比較や統合解析を進めるためには、これらの観測手法（計測システムやデータ処理法）の相違がフラックス値に及ぼす影響を系統的に整理してプロジェクト内に提示するとともに、可能な範囲で観測手法の標準化を進め、品質の統一されたデータベースを構築する必要がある。

また、フラックスの期間積算値を算定するためには、測器の故障や保守点検に伴う欠測や、品質管理による棄却等によって生ずる欠損データを偏りなく補完することが不可欠である。現在、一般に用いられているLook-Up Table法（LUT法）や非線形回帰法（NLR法）は、作業が煩雑、階級幅や閾値のとり方が標準化されていない、推定値の誤差評価が困難、などの問題がある。また、テーマIに求められるサイト間比較や統合解析では複数サイトの複数年のデータを処理する必要があるため、より簡便な補完法が求められる。

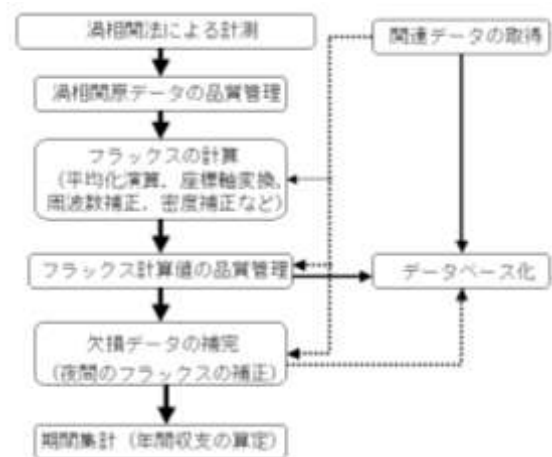


図1 渦相関法のデータの処理手順

2. 研究目的

本課題では、サイト間比較や統合解析に耐えるデータベースを構築するため、テーマIに参画している各観測サイトのフラックス観測手法の状況を把握し、観測手法の差異がフラックス値に及ぼす影響を文献調査とテストデータを用いた比較実験によって明らかにするとともに、データ処理の各段階のなかで特に問題となる品質管理の標準化手法と、複数サイトの年間収支比較のための簡便な欠

損データ補完法を開発し、S1-DBの構築や統合解析に貢献することを目的とする。また、テーマIVと連携しながら、先行する炭素収支関連データベースとの互換性に配慮しつつ、フラックス、微気象、土壌呼吸量、生態学的調査のデータを登録するためのS1-DB用データフォーマットを作成し、テーマIに参画する各サイトのデータを収集する（テーマIVの報告を参照）。なお、S1-DBの運用はテーマIVが担当する。

3. 研究方法

(1) タワーフラックス観測サイトの観測手法の実態把握

テーマIに参画しているタワーフラックス観測サイトのフラックス計測システムとデータ処理法の現状を把握するために、2004年2月にアンケート調査を実施し、協力サイトも含めて16サイト（森林9サイト、草原・農耕地7サイト）から回答が得られた。その結果を集計し、分析を行った。

(2) 観測手法の差異がフラックス値に及ぼす影響に関する文献・資料調査

既往の文献・資料の調査により、計測システムおよびデータ処理法の相違がフラックス値に及ぼす影響に関する結果を整理した。

(3) データ処理法の比較実験

テストデータとして、カラマツ林サイト（苫小牧フラックスリサーチサイト、TMK）の着葉期と落葉期、水田サイト（真瀬、MSE）の耕作期と休耕期について、それぞれ約1ヶ月分の渦相関原データ（10Hzで取得されたデータ）と、フラックスの計算に必要な微気象データを準備した。森林サイト担当のグループにはTMKのテストデータを、草原・農耕地サイト担当のグループにはMSEのテストデータを配布し、各サイトで採用している方法でデータ処理を実行してもらい、その結果を回収して比較した。なお、森林サイトにはCPECとOPECの両計測システムが混在しているので、TMKについては両方のシステム用のテストデータを準備し、それぞれを該当するグループに送付した。草原・農耕地サイト用に準備したMSEのテストデータはOPEC用である。

(4) 渦相関法データの品質管理手法の検討

渦相関原データに対する品質検査¹⁾、定常性の検査^{2,3)}、乱流強度検査²⁾などの各種の品質検査を、MSEのOPECによる2年間の観測データに適用し、それぞれの品質検査の特徴や適用上の留意点を整理した。また、各種の品質検査の結果に基づいて、データの品質を総合的に判定する方法を検討した。

(5) OPECとCPECによるCO₂フラックスの比較

OPECとCPECの両計測システムを併用しているMSEとTMKのそれぞれ1年間分のデータセットを用いて、OPECとCPECで測定したCO₂フラックス（貯留項は除外）を比較し、両システム間の差異を把握するとともに、差異の原因を解析した。品質検査を通過して比較に用いられたデータ数の年間データ数に占める割合は、MSEが35% TMKが26%であった。

(6) サイト間比較研究に有効な欠損データの簡易補完法の検討

簡便かつ推定値の誤差評価が可能な欠損データの補完法として、多重代入法(MI法)⁴⁾をとりあげた。森林のフラックスデータの補完にMI法を試験的に適用し、妥当な結果が得られたことが報告されている⁴⁾ので、本課題では森林とはフラックスの大きさやその季節性が異なる水田サイト(MSEおよび岡山市八浜、HCH)のデータを用いて、MI法の有効性や使用上の留意点について検討した。MI法を適用する場合には参照変数の種類は多い方がよいとされている⁵⁾が、本課題ではサイト間比較研究での実用性を重視し、いずれのサイトでも測定がなされ、かつ欠測の少ない下向き短波放射量、気温、飽差、純生態系CO₂交換量(NEE)、潜熱および顕熱フラックス、摩擦速度(u_*)からなるデータセットを用意した。予備的な検討で、同一の気象条件下でも全く異なる地表状態が出現する水田のようなサイトのフラックスデータの補完処理において、通年データに対して一括してMI法を適用することは不適切なことが判明した。そこで、データセットを年始から15日ごとの年間24個のサブデータセット(24番目のサブデータセットは20日ないし21日分のデータが含まれる)に分割して、MI法による補完処理を行った。また、上記のデータセットとは別に、夜間のNEE(すなわち生態系呼吸量、RE)と日中・夜間の気温からなるデータセットを用意し、日中のREを欠損データとして(補完対象として)取り扱うことにより、日中を含めたREの推定が可能かどうかを検討した。

4. 結果・考察

(1)プロジェクト開始時におけるテーマI参画サイトとFLUXNETにおける渦相関法の観測手法の状況
2004年2月に実施したアンケート調査の結果の要約を表1に示す。この結果から、テーマIの計測システム(測器)はほぼ統一されており、正しく運用されていれば問題は少ないが、データ処理法は観測サイト間で違いが存在することが明らかになった。次に、世界的な陸域炭素収支観測ネットワークであるFLUXNETと、その傘下の地域観測ネットワークのホームページ上で渦相関法のデータ処理方法の公開状況を調べた結果では、データ処理方法を提示している地域観測ネットワークは少なく、提示している場合でも「推奨する」あるいは「好ましい」という慎重な表現がなされており、提示されている手法も地域ネットワーク間で必ずしも統一はなされていないことがわか

表1 プロジェクト開始時におけるテーマI参画サイトのフラックス観測手法の状況

項目	状況
計測システム	
OPEC/CPEC	森林サイトは2サイトを除いてCPEC、草原・農耕地サイトは全サイトでOPEC。
超音波風速温度(SAT)	3社7機種が混在。
赤外線ガス分析計(IRGA)	OPEC、CPECとも、ほとんどのサイトが同一メーカーの製品を使用。
データ処理	
フラックス計算	座標変換、トレンド除去、コスペクトルの高周波数域の損失補正等が異なる。
品質管理	天候やフラックス・風速の閾値など、特別な計算を必要としない方法を採用しているサイトが多い。
欠損データの補完	NEEの欠損データは、日射量または光合成有効放射量と純一次生産量(GPP)、温度とREとの関係式を用いて補完を行っているサイトが多い。

った（詳細は平成15年度中間成果報告集、p151、表1参照）。これは、観測ネットワークにはさまざまな地形、地表面状態のサイトが混在しているうえに、データ処理法自体が研究対象となっており、汎用性のあるデータ処理法を提示することが困難なためと推定された。このような状況に対処するために、テーマIでは渦相関原データを可能な限り保存して、データ処理法の進化にともなう再計算に備えることを提案し、各サイトの合意を得た。また、本課題ではデータ処理方法の差異がフラックス、特にNEEの年間積算値に与える影響を調査することとした。

（2）既存の文献にみられる観測手法の差異がフラックス値に及ぼす影響

観測手法の差異がフラックス値に及ぼす影響に関する既往の文献調査の結果を表2に要約した。この結果から、計測システムではOPECとCPECの差異が重要であり、データ処理手法では u_a 補正の有無と閾値を明示する必要があることが明らかになった。なお、OPECとCPECの比較に関しては、気象条件やフラックスの大きさによって傾向が異なる可能性があるため、長期間のデータに基づく独自の調査が必要であることがわかった。

表2 既往の主な文献にみられる観測手法の差異がフラックス値に及ぼす影響

比較項目	フラックス値に及ぼす影響
計測システムの差異	
同一機種で構成される二組のCPEC	<ul style="list-style-type: none"> ・顕熱フラックスで7%、潜熱フラックスで9%、CO₂フラックスで15%の差が生じる（二組のデータの回帰直線の傾きより）⁶⁾。 ・スカラー量のフラックスの差は小さい。CO₂フラックスの比較ではRMSEは1.9$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$以下⁷⁾。
CPECでIRGA同一、SAT異機種	<ul style="list-style-type: none"> ・夜間はOPECの方が放出フラックスを小さく評価する傾向があり、その傾向はu_aとともに強まる⁸⁾。
OPECとCPEC	
データ処理法の差異	
座標軸回転	<ul style="list-style-type: none"> ・小麦畑では、年間NEEに及ぼす影響は10%（$\pm 15 \text{ g C m}^{-2}$）以内⁹⁾。
コスペクトルの高周波数域の損失補正	<ul style="list-style-type: none"> ・OPECではセンサー間距離が、CPECではチューブ内減衰の影響が重要。CPECにおけるインダクタンス係数を20%過大・過小評価しても、年間NEEへの影響は5g C m^{-2}と小さい⁹⁾。
u_a 補正	<ul style="list-style-type: none"> ・適用の有無やu_aの閾値により、年間NEEに100g C m^{-2}程度の差が生じうる⁹⁾。

（3）データ処理法の比較実験の結果

データ処理の各段階（図1）のなかで、フラックスの計算手法のサイト間差（主な相違点は、トレンド除去の適用の有無、座標回転の方法、周波数補正の適用の有無）が総合的にフラックスの計算値に及ぼす影響に着目して、比較実験の結果を解析した。その結果、以下のことが明らかになった。1)線形トレンド除去、Triple Rotation法の組み合わせで計算したフラックスの30分値は、トレンド除去なし、Double Rotation法の組み合わせに比べて、低フラックス領域でのばらつきが大きかった。2)周波数補正により、フラックスは5%程度大きくなった。3)測定システムが同一であっても、データ処理法の違いにより、潜熱フラックス、CO₂フラックスとも、1ヶ月間平均値に10～15%程度の違いがみられた。この結果から、同一の計測システムを採用している観測サイト間の比較を行う場合であっても、フラックスの期間平均値の差が10～15%以内の場合には、フラックス計算手法の相違による影響を慎重に吟味したうえで、サイト間差の定量的な議論を行うか、または同一の計算手法を用いて再計算を行う必要があることがわかった。

(4) 渦相関法のデータに対する品質管理手法

MSEのデータに各種の品質検査を適用した結果から判明した、それぞれの品質検査の特徴を表3に示す。この結果に基づき、渦相関原データの統計値の検査を基本として、定常性および乱流強度の検査、ランのデータ収録時間、風向、降水の有無の情報を加えて、フラックスデータの品質を総合評価する手順を提示した。この品質管理を通過したデータは、品質管理前に比べて熱収支の充足率が上昇することから、品質管理が適正に行われていることが確認された¹⁰⁾。また、密度変動補正項を含めてOPECによるCO₂フラックスの偶然誤差¹¹⁾を評価し、偶然誤差の割合はCO₂フラックスが負（水田による吸収）の場合にその絶対値の約10%であり、非定常性（ISR）²⁾が高い場合には偶然誤差も大きいことがわかった¹²⁾（図2）。これにより、偶然誤差を定常性検査に利用可能なことが明らかになった。実際に偶然誤差を品質管理に適用した例を図3に示す。ここでは、偶然誤差がCO₂フラックスの絶対値プラス2・mol m⁻² s⁻¹を超えるデータを棄却した。図3から、渦相関原データの諸統計値の検査を通過したフラックスデータのなかで、NEEの季節変化パターンから大きく外れたデータが選択的に棄却されていることがわかる。

表3 それぞれの品質検査の特徴

品質検査法	特徴
渦相関原データの諸統計値	・降水、タワー付近での作業による環境の悪化、測器を取り外しなどの異常なランを判別できる。実際の適用に際しては、サイトの状況を考慮して、一部のテストの閾値変更が必要。
定常性(ISR) ²⁾	・ランの中にトレンドが含まれている場合を検出できる。共分散値がゼロに近い場合の判定が難しい。
定常性(NSR) ³⁾	・ランの途中で乱流変動特性が変化する場合を検出できる。
乱流強度（無次元標準偏差のモニ ン・オブコフの相似則からの逸 脱度）	・渦相関法の測定に適した乱流現象が生じているかどうかの判別に有効。比較の基準となる経験式の汎用性を確認する必要がある。
偶然誤差	・定常性の検査として代用できる。

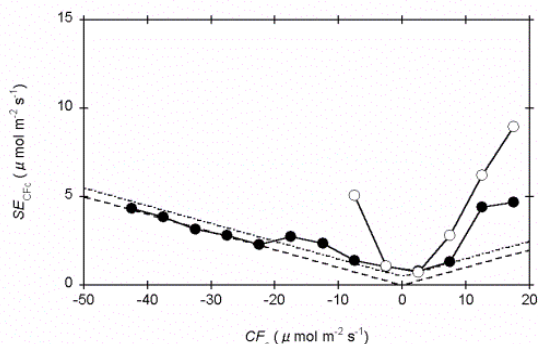


図2 MSEのOPECによる密度変動補正後のCO₂フラックス (CF_c) と偶然誤差 (SE_{CF_c}) との関係¹²⁾。渦相関原データの統計値による品質検査を通過後のデータを、水稻の生育期間 (●) と非生育期間 (○) に分けて、 CF_c の階級別に SE_{CF_c} の平均値を計算した。

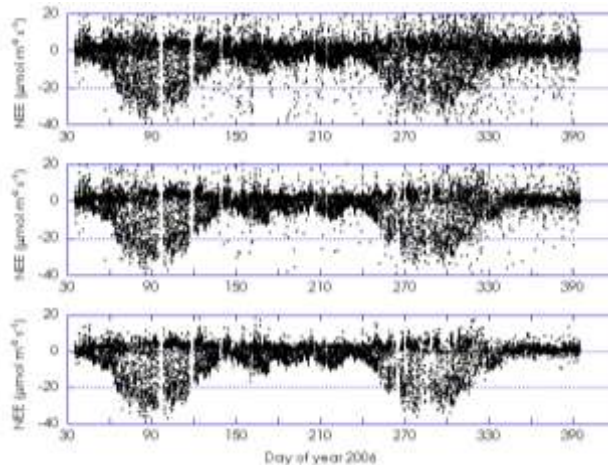


図3 品質管理の適用例。バン格拉デシュ農業大学内の水田サイトでOPECによる観測で得られた1年間のNEE (上図) に、渦相関原データの統計値の検査を適用し (中図)、さらに偶然誤差による品質管理を適用した (下図)。

(5) OPECとCPECによるCO₂フラックスの系統的差異

MSEとTMKのデータの解析¹³⁾により、OPECとCPECとで測定されたCO₂フラックスには系統的な差が存在することがわかった。系統的差異の最大の要因はOPECで必須となる密度変動補正項であり、風速や顕熱フラックスが大きい条件下で密度変動補正項が過大または過小に評価され、その結果として、CPECに比べてOPECによるCO₂フラックスが大きく、または小さくなったと推定される。両計測システム間の系統的差異は、SATの温度信号を用いて密度変動補正項を評価するOPECではどのサイトでも生じる可能性がある。しかし、差異の大きさはサイトの条件や季節によって異なり、裸地や積雪地のように密度変動補正項の寄与が相対的に大きいサイトや、風速が 5 m s^{-1} 以上、あるいは顕熱フラックスが 200 W m^{-2} 以上となるサイトでは、両計測システム間の差が大きくなると予想される。裸地状態の水田で、OPECによって観測された下向きのCO₂フラックスも、顕熱フラックスが大きな条件下で、密度変動補正項が適切に評価されていないことが原因と考えられる¹⁴⁾。欠損データの補完前のデータセットを用いて、両計測システムによるCO₂フラックスの年間積算値を比較すると、MSEではOPECの方がCPECに比べて吸収量が 5 g C m^{-2} (1.9%) 大きく、TMKではOPECの方が 36 g C m^{-2} (8.6%) 大きかった。なお、上記の結果は両計測システムの相対的比較である。どちらの計測システムが年間炭素収支を精度よく評価できるかを明らかにするためには、両計測システムで得られた長期的な炭素収支と、生態学的調査による炭素収支との比較・検討を、さらに積み重ねる必要がある。

(6) MI法による欠損データの簡易補完

2003年5月～8月にMSEで観測されたNEEを用いて、MI法による補完処理の検証実験を行った。15日間毎のサブデータセットに含まれる品質検査を通過したNEEの実測値から30%をランダムに削除した後、MI法でサブデータセットの補完処理を行った。削除されたNEEの実測値とMI法による推定値（補完値）との比較を図4に示す。MI法による推定値はNEEが負の領域でその絶対値（生態系によるCO₂吸収量）をやや過小に評価する傾向が見られるが、この傾向はMI法に限らず、LUT法やNLR法でも報告されており¹⁵⁾、これらの補完法に共通する問題である。一方、潜熱・顕熱フラックスについては、実測値に対するMI法による推定値の回帰式の傾きは1に近かった。

次に、MI法による補完後のNEE及びRE（15日間平均の1日当りの値）を従来法と比較した。例として、HCHの2003～2004年の結果を図5に示す。MI法による補完後のNEE及びREの平均値は、一般的に使用されているNLR法による補完後の平均値とよく一致した。ただし、夜間の欠測率が高い期間のREについては、MI法とNLR法との違いが顕著であった。このような期間については、前後の期間との結合などの期間分けの方法を修正することにより、両手法間の差は縮小した。なお、今回のMI法による補完では、いわゆる u_* 補正は採用せず、補完すべきデータセットの一変数として u_* を加えた。 u_* 補正が一般的に適用されている森林サイトにMI法を適用する場合には、 u_* 補正をどのように取り扱うかが課題となる。

以上の点に留意すれば、MI法は従来法と同等の精度をもつ、より簡便な欠測値補完法として、サイト間比較・統合解析に適用できることがわかった。MI法をサイト間比較研究に適用した例については、別課題（農耕地生態系における炭素収支研究）で報告する。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本課題は、渦相関法という「共通」の観測手法に内在するサイト間の差異がフラックス値にどのような影響を及ぼすかを明らかにするとともに、汎用性のあるデータの品質管理法や、簡便な

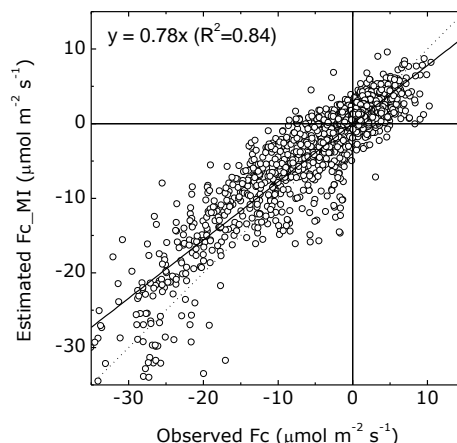


図4 MI法による補完の検証実験の結果。MSEにおけるNEEの実測値とMI法による推定値の比較で、実線は線形回帰式（モデルI）、点線は1:1の直線を表す。

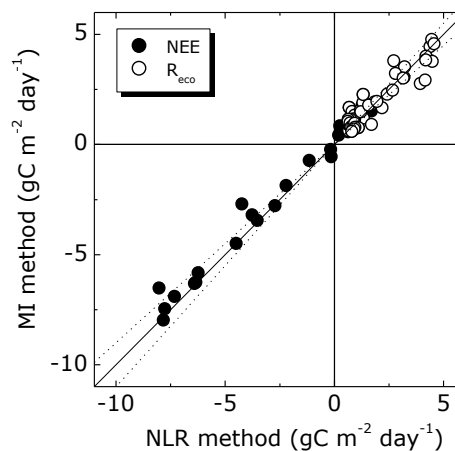


図5 MI法およびNLR法で補完した15日間平均のNEE及びREの比較（HCH、2003～2004年）。実線は1:1、点線は±10%の直線を表す。

欠損データの補完法という、フラックスデータの品質の標準化に有用な手法を提供した。これらの成果は、本プロジェクトで蓄積されたフラックス観測データの利用に必要な基本情報や信頼性の基準を提供するものであり、本プロジェクトの共有データベースの構築やデータの相互利用に貢献した。

(2) 地球環境政策への貢献

本課題の成果は、今後、AsiaFluxの活動を通じて、アジア地域の炭素収支研究に関する地上観測データの統合化に活用され、わが国及びアジア地域の陸域炭素収支に関するデータの統合化とその利用促進を通じて、京都プロトコルの実施に貢献するものである。

6. 引用文献

- 1) D. Vickers, L. Mahrt: J. Atmos. Oceanic Technol., 14, 512-526 (1997)
- 2) Th. Foken, B. Wichura: Agric. Forest Meteorol., 78, 83-105 (1996)
- 3) L. Mahrt: J. Atmos. Oceanic Technol., 15, 416-428 (1998)
- 4) D. F. Hui et al.: Agric. Forest Meteorol., 121, 93-111 (2004)
- 5) J. L. Schafer, M. K. Olsen: Multivariate Behav. Res., 33, 545-571 (1998)
- 6) W. Eugster et al.: Boundary-Layer Meteorol., 85, 293-307 (1997)
- 7) 中井ら：水文・水資源学会誌, 15, 665-672 (2002)
- 8) P. M. Anthoni et al.: Agric. Forest Meteorol., 111, 203-222 (2002)
- 9) P. M. Anthoni et al.: Agric. Forest Meteorol., 121, 55-67 (2004)
- 10) 間野ら：農業気象 (印刷中)
- 11) P. L. Finkelstein, P. F. Sims: J. Geophys. Res., 106, 3503-3509 (2001)
- 12) 間野ら：農業気象 (印刷中)
- 13) 小野ら：農業気象 (印刷中)
- 14) Ono et al.: Theoretical and Applied Climatology (印刷中)
- 15) 最上ら：北海道の農業気象, 55, 9-15 (2003)

7. 国際共同研究等の状況

AsiaFlux運営委員会を通じて、KoFlux (韓国) やChinaFlux (中国) の運営委員等の関係者とデータの統合化に向けた協議を進め、S1-DBをモデルとしたアジア域の陸域生態系炭素収支データベースを構築することに合意し、平成19年3月からデータベースの運用が開始された。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文 (査読あり)>

- 1) 間野正美、宮田明、安田幸生、永井秀幸、山田智康、小野圭介、齊藤誠、小林義和：農業気象 (印刷中)
「オープンパス型渦相関法データの品質管理」
- 2) 間野正美、宮田明、永井秀幸、山田智康、小野圭介、齊藤誠、小林義和：農業気象 (印刷中)

「Open-path型渦相関法によるCO₂フラックスの偶然誤差とその誤差が年間炭素収支評価に及ぼす影響」

- 3) 小野圭介、平田竜一、間野正美、宮田明、三枝信子、井上吉雄：農業気象（印刷中）
「オープンパス型とクローズドパス型の渦相関法によるCO₂フラックスの系統的差異とWPL補正の影響」

〈査読付論文に準ずる成果発表〉

なし

〈その他誌上発表（査読なし）〉

- 1) 宮田明：陸域生態系における二酸化炭素等のフラックス観測の実際 (AsiaFlux運営委員会編)、85-113 (2003)
「データの管理、データベース作成の実際」
- 2) Y. Kobayashi, A. Miyata, H. Nagai, K. Ono, M. Saito, G. H. Han, M. Mano, T. Yamada : Proceedings of the International Conference on Research Highlights and Vanguard Technology on Environmental Engineering in Agricultural Systems, 143-147 (2005)
“Application of multiple imputation method for gap-filling flux data and estimations of annual cumulative carbon and latent heat fluxes”

(2) 口頭発表（学会）

- 1) 間野正美、宮田明、永井秀幸、齊藤誠、原菌芳信：日本農業気象学会関東支部2003年度例会 (2003)
「超音波風速温度計とオープンパスCO₂分析計の時間遅れがフラックス計算に及ぼす影響」
- 2) 間野正美、宮田明、原菌芳信：農業環境工学関連4学会2004年合同大会 (2004)
「背の低い群落上で測定した渦相関法データへのQuality Controlの適用結果」
- 3) Y. Yasuda, T. Watanabe, Y. Ohtani, Y. Mizoguchi, M. Mano: International Symposium on Food Production and Environmental Conservation in the Face of Global Environmental Deterioration (FPEC), Fukuoka, Japan (2004)
“Quality control for flux data measured above a deciduous forest”
- 4) 小林義和、宮田明、永井秀幸、小野圭介、韓光鉉、間野正美、山田智康、Md. A. Baten、原菌芳信：2004年度農業気象学会北陸支部・関東支部合同例会 (2004)
「多重代入法による渦相関フラックスデータの欠測補完」
- 5) 間野正美、宮田明、永井秀幸、山田智康、小野圭介、齊藤誠：農業環境工学7学会2005年合同大会 (2005)
「真瀬水田におけるCO₂フラックスのサンプリング誤差の評価」
- 6) Y. Kobayashi, A. Miyata, H. Nagai, M. Mano, S. Yamamoto : America Geophysical Union 2005 Fall meeting, San Francisco (2005)
“Prospects for problems associated with integrative and inter-comparative analysis of eddy flux data sets”

- 7) 小野圭介、平田竜一、宮田明、藤沼康実：農業環境工学関連学会2006年合同大会（2006）
「オープンパス型とクロズドパス型で測定された渦相関フラックスに違いはあるのか？」

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

- 1) 渦相関法のデータ処理に関する講習会（2005年11月21日～25日、於 農業環境技術研究所、受講者8名）

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

(6) その他

なし