

研究課題番号	2-1903
研究課題名	「GOSAT-2 による太陽光誘起クロロフィル蛍光を利用した生態系光合成量推定の高精度化」
研究実施期間	令和元年度～令和3年度
研究機関名	北海道大学
研究代表者名	加藤 知道

## 1. 研究開発目的

これまでGOSATシリーズは衛星SIF観測のさきがけとして大変活躍してきたが、一方で大きな不確実性を含んでいることが予想される。たとえば、GOSATは一日一回(13時ごろ)測定したデータの中から、晴天日データのみをコンポジットしてプロダクトを提供しているが、日変化・悪天日のデータは原理上、観測ができない。また、個葉から放出されたSIFは隣接している葉・枝・土壌に一部が吸収・散乱されるが、生態系上面から放出されたSIFしか観測していない衛星は、生態系下層のSIFを十分に捕捉できていない。そのため、長期間の生態系光合成量の見積もりには、大きな誤差が生じている可能性がある。そこで研究代表者らは、環境研究総合推進費(若手枠2RF-1601;代表:加藤知道、分担:小林秀樹、2016-2018年度)でSIFの包括的モデルの開発を進め、落葉広葉林サイト(岐阜県高山市)での検証を進めてきた。しかし、より利用可能性を高めるためには、多様な生態系タイプをカバーする地上SIF観測データを整備し、開発したモデルをしたSIF検証体制を強化することが重要との考えに至った。

そこで本研究では、現在個別に整いつつある地上SIF観測サイトを集約・拡大するとともに個葉・放射伝達モデルのさらなる改良を行い、様々な生態系タイプにおいてGOSAT-2からのSIFデータを検証・評価することによって、SIFによる生態系光合成量の推定精度を向上させること目的とする。

## 2. 研究目標

**【全体目標】** 地上SIF観測データベースを構築し、GOSAT-2のSIFデータを検証する基礎を作る。次に個葉光合成推定モデルの改良と、個葉から生態系(衛星)レベルへのSIFによる光合成量のスケールアップのための放射伝達モデルの改良を実施し、地上・衛星SIF観測データの標準化を行う。

**【サブテーマ1】** 高分解能分光放射計による既設4サイトからのデータ提供と、新規1サイト設置による地上SIF観測データベースを構築する。また各サイトのSIF計算とその挙動の比較を行う。さらに中分解能分光放射計によるSIF観測の可能性を検討する。

**【サブテーマ2】** 光合成と蛍光と熱放散へのエネルギー分配が育成条件や種によってどのように異なるかを解析し、蛍光と反射分光から光合成速度を予測する最適な方法を検討する。

**【サブテーマ3】** 地上・衛星SIF観測の標準化と、それに基づく高精度広域光合成マッピングをするため、様々な環境及び観測条件における樹冠レベルのSIFを再現可能な放射伝達モデルをさらに改良する。そして観測データとの比較を通じてモデルの精度を明らかにしつつ、光合成推定のアルゴリズム開発に結びつける。

### 3. 研究の進捗状況

サブテーマ1：計画以上の進展がある。

亜熱帯林における新規1サイトの地上観測システムの設置が、当初2020年度予定であったが、すでに2019年末に完了し、データ取得が開始されている。さらに既存4サイトを含めたSIFデータ解析も開始し、GOSAT等衛星SIFデータとの比較も進めている。そのため、計画より早く進んでいる。

サブテーマ2：計画通り進展している。

ポスドク着任の遅れにより、多種の光合成・蛍光・反射スペクトルの季節変化研究のスタートが若干遅れたが、スタートすることはできた。測定手法の確立は終えたので、今後の進行は順調であると期待される。育成条件の違いは、PRIを補正することによって克服できることが明らかになった。さらに、635nmと800nmの反射率を使えば、種による違いも克服できることが示唆された。本年度の目標は概ね達成された。

サブテーマ3：計画通り進展している。

GOSAT-1号機やOCO-2などの衛星SIFデータの入手が完了し、サブテーマ1で観測・収集が進められている地上SIFデータでのシミュレーション環境が整った。また、精度検証の重点サイトである岐阜県高山市の落葉広葉樹サイトでは、放射モデルと地上、衛星(GOSAT-1)の比較を行っている。この成果は令和2年度中に論文として取りまとめる予定である。今後は、モデルの検証サイトをサブテーマ1で進めている他のサイトに拡大し、両者の比較を継続しつつ、最終年度の目標であるSIFとそれに基づく高精度広域光合成マッピングに結びつける。

### 4. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

高分解能分光放射計による地上観測点をネットワーク化し、様々な生態系タイプの太陽光誘起クロロフィル蛍光(SIF)の長期連続観測データを集約した。これを利用した簡易な比較から、GOSAT等の衛星SIFはある程度高い精度を持っていることがわかった。一方で、利用可能性をより上げるためには、衛星の地上解像度や観測頻度をより高くすることが、今後は望ましいなど、次期衛星計画についての提言をする準備ができた。

さらに、太陽光誘起クロロフィル蛍光(SIF)を再現する個葉モデルと、放射伝達モデルによりを利用することを目指している。これまでにストレス下のシロザの光合成速度を、衛星で観測が可能な蛍光・光化学反射指数(PRI)によってある程度高い精度で推定することができ、さらに落葉広葉林での地上観測・衛星観測との比較検証は、放射伝達モデルが一定の高い精度でSIFを再現していることを示しており、GOSATシリーズ利用した光合成推定精度向上の評価をする準備ができた。

現在、EUのCOST actionが主導するSIFモデル相互比較実験SIF Comparison Modelling eXercise (SIFCOMX)にモデル開発者として招待されており参加準備を進めている。この活動を通じて日本や欧州を含む宇宙機関のグローバルなSIF観測に、生態系炭素循環パラメータのプロダクト構築の観点からの貢献が可能と考えている。

### 5. 評価者の指摘及び提言概要

現在までの研究進捗状況はおおむね計画どおりとなっており、継続的に成果を出していただけることを期待している。

困難な衛星SIF/モデルの精度評価に必要なデータ取得体制の整備を着実に進めており、GOSAT-2データの利活用推進に貴重な補強材料を提供する研究である。衛星データを吸収源の状況把握に活用したいという声は企業との衛星データ利活用に関する意見交換でもきかれたところ、今後の利用可能性向上に資する研究として期待する。

生態系光合成量を、地上観測、衛星観測、モデルシミュレーションを組み合わせ、精度高く解析

できるようになることは理解できたが、何の実現を目指してそのような形で精度を高めることが必要か、そのような精度の高い結果が得られると、どのような環境政策の実施に必要とされているデータになるのかそもそものところをもっと説得力を持って説明いただいた方がよい。

空間解像度が大きく異なる GOSAT データと比較検証し、SIF 推定、さらには生態系パラメータ推定の高度化を図るためには、いま一步、比較検証の方法論の展開が必要ではないか。

## 6. 評点

評価ランク：A