

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（A）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18206054
 研究課題名（和文） 衛星解析による全球灌漑農地情報と陸面水・熱収支解析を活用した水資源管理支援
 研究課題名（英文） CREATION OF GLOBAL CROPLAND DATASET THROUGH SATELLITE DATA ANALYSIS TOWARD WATER RESOURCES MANAGEMENT
 研究代表者
 田中賢治 （TANAKA KENJI）
 京都大学・防災研究所・准教授
 研究者番号：30283625

研究成果の概要：小麦および大豆の各生育期における可視から中間赤外領域にわたる分光反射特性を計測し、葉面積指数 LAI の時間変化を推定する新たな手法を開発した。世界各地でのフィールド調査の情報や米国 JAWF の作付作物種情報を整理し、各作物に特徴的な時間変化形状を抽出するための代表グリッドを設定した。いくつかのテストエリアで作物判定基準の調整を繰り返した後、全球規模で解析を実施し、全球にわたり 1km という高解像度で作付作物種に関する情報を整備した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	18,800,000	5,640,000	24,440,000
2007 年度	7,900,000	2,370,000	10,270,000
2008 年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
総計	32,000,000	9,600,000	41,600,000

研究分野：理工系、工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工水理学

キーワード：灌漑、作物分類図、衛星解析、分光反射特性、陸面過程モデル、水資源管理

1. 研究開始当初の背景

21 世紀は「水の世紀」と言われ、人口増加や経済発展が進む中、世界の多くの人々が食料や淡水資源の枯渇に直面している。現在、世界の水消費の約 90% は農業用水であり、農作物の約 40% は灌漑で栽培されている。近年は地球温暖化の進行と相まって、各地で異常気象が頻発し、局地的な洪水や渇水への対策、農業用水や生活用水の安定供給といった水資源管理の重要性がますます増している。全世界の耕作地はおよそ 1800 万 km² に達し、FAO 統計(2006 年)によると、耕作地の約 18% にあたる 277 万 km²(日本の国土の 7.3 倍)で灌漑が実施されている。このように灌漑

の実施面積は広大で、その多くが大気-陸面相互作用の影響が大きい場所(いわゆる大気陸面過程のホットスポット)であるとされる乾燥・半乾燥地域に分布しているため、灌漑が地域の水・熱収支に及ぼす効果は計り知れない。また、農地における水利用の実態を把握することは容易ではなく、通常、取水量データは存在しても、使用量データは存在しないため、実際にどれだけの水が使用されたかを把握することは困難であることから、陸面過程モデルで灌漑の効果を表現することは、気象予測の精度向上、水利用実態把握の両面で有効な手段と言える。灌漑の効果を取り扱う陸面過程モデルがい

くつか開発されてきているが、モデルパラメータ(生育作物の種類、播種日、収穫日といった農事暦)を正しく設定しなければ、モデルの性能を十分に発揮することはできない。しかしながら、全球にわたって(特に大部分の灌漑農地が存在するアジア域で)信頼性の高いデータセットは存在せず、早急にモデルパラメータを整備する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では正規化植生指標(NDVI)の時系列解析をベースとして、陸面過程モデル SiBUC (Simple Biosphere including Urban Canopy)の灌漑スキームに必要なモデルパラメータを全球にわたり、高解像度で整備することを目的とする。さらには、第2期全球土壤水分プロジェクト(GSWP2)から提供される全球1度グリッド気象強制力データセット、本研究で整備されたパラメータを用いて、灌漑必要水量や土壤水分等をはじめ、様々な陸面水文諸量を全球規模で算定し、アジア諸国をはじめ、様々な流域の水管理の支援情報を提供することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 衛星データの収集と解析前処理

10日コンポジットデータは季節変化を分解するのに十分であり、かつ1kmの解像度は農地を抽出するには十分な分解能を有すると判断し、SPOT VEGETATIONを収集する。10日コンポジットデータといえど、雲の影響を完全には除去できていないので、BISE法等のノイズ除去フィルターを適用する。NDVIを正規化することにより、季節変化をより明確な形で表すことが可能となる。NDVI値が最小となる月はグリッドにより様々であるため、最小となる月をグリッド毎に求め、その月から12ヶ月のNDVI値を最大値と最小値で正規化することにより広域のデータを統一的に解析することができる。

(2) フィールド調査

中国・淮河流域、ラオス・メコン河流域、タイ・メーワン流域および周辺域、インド・ナルマダ河流域、中央アジア・アラル海流域、トルコ・カイセリ地方、黒海沿岸域、ブルガリア・トラキア平原、ギリシア・テッサリア地方、イタリア・ポー川流域、チェコ共和国等においてフィールド調査を実施し、GPSを用いて主要作物の位置情報を収集すると同時に、一部の地域で農家への聞き取り調査を実施した。調査項目は作付け作物・生育期間・灌漑実施の有無等である。

(3) 分光反射特性の計測

350-2500 nmの分析波長領域を持つ可搬型分光放射計(Field Spec)を用い、各生育期における可視から中間赤外領域にわたる分光反射特性のGround truth情報を取得した。

観測サイトは京大圃場、岐阜県農業試験場、北海道十勝平野、中央アジア・アラル海流域、トルコ・セイハン川流域であり、対象作物は小麦や大豆である。

(4) 代表グリッドの選定

作物固有の成長パターンが存在することを活かし、NDVI値の季節変化パターンが同じ場合は同一の作物が作付けされていると仮定する。米国JAWFで整備、公開されているMajor World Crop Areas and Climatic Profilesの作付け作物情報を基本とし、これまで蓄積してきた各地における現地情報や本研究課題におけるフィールド調査から得られる情報を活用する。

(5) 全球作物分類および農事暦データセットの作成

作物分類基準を元に、各グリッドにおいて作物種の特定をする。得られた分布の妥当性について、Major World Crop Areas and Climatic Profilesの情報やフィールド調査で得られたGround truthと比較して、詳細に検討する。問題があれば作物分類基準を調整し、作物種同定の精度向上をはかる。生育期間判定基準を元に、各グリッドにおいて作物の生育期間を推定する。推定された総生育期間と各作物別の生育段階の長さの割合を用いることにより、各作物の生育段階及びその生育期間の日付を定めることができ、農事暦データセットが作成される。得られた生育期間や生育段階の妥当性について、フィールド調査で得られたGround truthと比較して、詳細に検討する。問題があれば作物種別に閾値を変えるなど生育期間判定基準を調整し、精度向上をはかる。

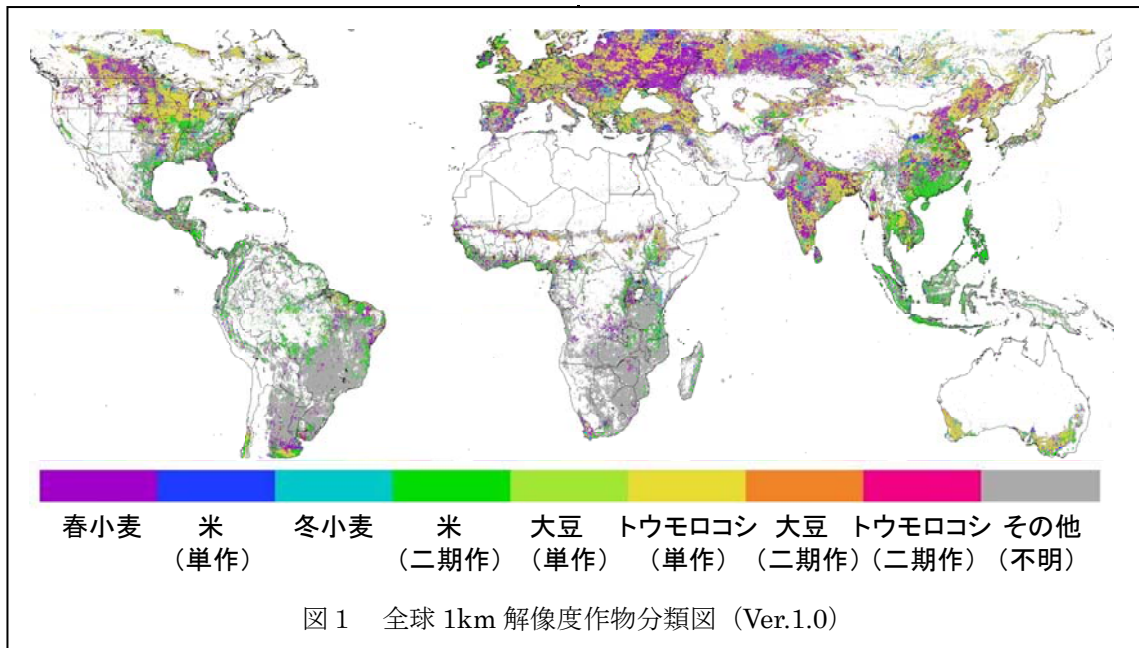
4. 研究成果

(1) 重点地域での衛星解析

2000年から2004年の5年間分のTERRA/MODISデータを用いて、東南アジア(主にメコンデルタ)および中国淮河流域の稲作地帯の稲作地帯を抽出するとともに田植え期と出穂期の推定を行った。また農地調査を行った様々な地点において、作物分類・農事暦作成手法が高分解能NDVIでも適用可能であり、特に水資源管理の観点から重要となる灌漑を実施しているか否かの判断に有効なツールとなることを確認した。

(2) 高解像度全球作物分類図の作成

フィールド調査の情報や米国JAWFの作付け作物情報を整理して代表グリッドを設定した。代表グリッドのN-NDVIのフェノロジーの比較により、トウモロコシと大豆、米、小麦において単作と二期作・二毛作の2種類の分類基準を設定した。NDVIだけでトウモロコシと大豆を識別することは困難であったため、分光反射率のデータ(青バンド)を活用した。すなわち、大豆においてはNDVIが最大を取



る時期の前後において青バンド帯の反射率に変化が少ないことを利用して、トウモロコシと大豆の判定に用いた。判別する作物種が限られた条件ではあるが、NDVIの時系列解析をベースとして、陸面過程モデルSiBUCの灌漑スキームに必要なモデルパラメータを全球にわたり、1kmという高解像度で整備し、これをVersion1のプロダクトとした(図1)。このプロダクトの特徴として、五大湖の南西部やウクライナに広がるコーンベルト、中国の二期作・二毛作地帯、水田の分布などある程度の精度が出ているが、アフリカや南米などでは作物種を特定できなかったピクセルが多数存在しており、さらなる改良が必要である。

(3) 陸面過程モデルによる水・熱収支算定 JRA-25 長期再解析プロジェクトによるデータセットを気象強制力とした陸面オフライン計算を実施し、1979-2004年の25年に及ぶ陸面水文諸量のデータを新たに作成した。Global Soil Moisture Data Bank にアーカイブされている現地観測値と推定値の、季節変化と年々変動の時系列変化の相関係数を算出し、算出した土壌水分量の精度評価を実施した。アメリカ・イリノイ州や旧ソ連西部では季節変化・年々変動の変化ともにより相関を示している。一方、中国のGSMDB観測点がある地点では季節変化・年々変動の変化ともあまりよい相関が得られなかった。なお、GSWP2の入力値としての降水量は季節変化・年々変動の変化の相関ともに、GSMDBの観測点では相関が高く、土壌水分量の相関が低い地点は年降水量の少ない地点とほぼ一致している。

(4) 全球規模で灌漑の効果を見積もる先駆的な研究としては、Doll and Siebert (2002) が挙げられるが、生育作物として米、米以外、

両方の3分類しかしていないこと、生育期間を全球全ての場所で150日と仮定し、気温と降水量から農事暦を決定していること等、まだまだ改善の余地が残されている。また Leff et al. (2004)により、世界中の利用可能な農業統計データを元に18種もの作物種について全球作物分布が作成されているが、得られている分布は使用した農業統計の単位(国別、州別)を大きく反映しており、本当の意味での分布情報とは言い難い。また Yorozu et al. (2005) は、既にNDVI時系列解析を元に全球規模で作物種や農事暦のデータセット作成を試みているが、使用したデータセットの解像度が1度と粗いため、判定不能であった場所も多数存在した。これに対して本研究では、これら先行研究で得られた成果を活かしつつ、新たに高解像度の衛星データによる植生フェノロジー解析を行い、より現実的な作物種や農事暦(生育期間)が得られた。なお、本研究で作成されるデータセットはまだ改良の余地があり、現在も解析を進めているが、高解像度で全球をカバーし、大陸スケールや全球規模の問題へ応用することはもちろん、メソ数値気象モデルや領域気候モデルの下面境界条件としての使用に耐えるものを目指している。また詳細なフェノロジー解析で得られた作物別の特徴が整理され、現状の作物分布を把握するだけでなく、今後の耕作地の変化を容易に検出することが可能になることが期待され、農業統計をベースにした研究(ある年におけるスナップショット)にはない衛星時系列解析の大きな利点の可能性を示した。さらに、現在は本研究でのフェノロジー解析の手法や得られた知見を活かし、気象データも同時に解析することで、植物の時間発展と気象変数を対応させることにより、動的植生モデル(Dynamic

Vegetation Model)の簡易なパラメタリゼーションの開発に着手している。このように本研究により、今後の発展につながる多くの知見が得られた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- ① 萬 和明, 田中賢治, 中北英一: 水収支に基づく土壤水分推定値の精度評価, 土木学会水工学論文集, 第53巻, pp. 403-408, 2009.2(査読有)
- ② 甲山治, 大石哲, 砂田憲吾, 馬籠純: 長期水文・気象データおよび衛星データを用いたアラル海流域における水循環の解析, 土木学会水工学論文集, 第53巻, pp. 31-36, 2009.2(査読有)
- ③ N. Zheng, K. Takara, Y. Yamashiki, Y. Tachikawa: Assessing Vulnerability to Regional Flood Hazard Through Spatial Multi-Criteria Analysis in the Huaihe River Basin, China, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.53, pp.127-132, 2009.2(査読有)
- ④ 橋本直之, 牧 雅康, 田中賢治, 田村正行: 作物農事暦推定にむけた LAI 時系列変化パターン抽出法の検討, 日本リモートセンシング学会誌, Vol. 29(2), pp. 381-391, 2009. (査読有)
- ⑤ Tamura, M., K. Kikushima: Extraction of mangrove forests using a satellite image and a digital elevation model, Proc. SPIE, Vol.7104, no.710403, pp.1-9, 2008. (査読有)
- ⑥ 須崎純一, 幸良淳志, 田村正行: マイクロ波散乱解析のためのイネの3次元構造の計測とモデル化, Vol. 47(5), pp. 42-52, 2008. (査読有)
- ⑦ 萬 和明, 田中賢治, 中北英一, 池淵周二: NDVI 時系列解析を用いた北タイメーワン流域における高分解能作物分類とその検証, 京都大学防災研究所年報, 第50号B, pp. 595-602, 2007.2(査読無)

[学会発表] (計13件)

- ① Tanaka, K.: Description of landuse and vegetation status in hydro-meteorological simulation, China-Japan Joint Workshop on "Human-Nature Interactions in The Changjiang River Basin of China Experiencing Abrupt Change", 2009.9.8 (中国、南昌)
- ② 北宅洋, 田中賢治, 小尻利治, 浜口俊雄: NDVI 及び分光反射率の時系列解析

による全球1kmメッシュ作物分類図の作成, 土木学会第64回年次学術講演会, 2009.9.4 (福岡)

- ③ 北宅洋, 田中賢治, 小尻利治, 浜口俊雄: NDVI 時系列解析による全球1kmメッシュ作物分類図の作成, 平成21年度土木学会関西支部年次学術講演会, II-46, 2009.5.23 (神戸)
- ④ 萬 和明, 田中賢治, 中北英一: 陸面過程モデルによる土壤水分推定およびその高精度化, 2009 土壤水分ワークショップ, 2009.3.28 (東京)
- ⑤ 橋本直之, 牧 雅康, 田中賢治, 田村正行: 衛星画像を用いた作物 LAI 時系列変化パターンの推定-北海道十勝地域における現地調査結果との比較-, 日本リモートセンシング学会第45回学術講演会, 2008.12.5 (北海道)
- ⑥ 久保田達也, 牧 雅康, 田中賢治, 田村正行: MODIS データを用いた水田抽出法の改良, 日本リモートセンシング学会第45回学術講演会, 2008.12.5 (北海道)
- ⑦ 牧 雅康, 橋本直之, 田中真哉, 田中賢治, 田村正行, 秋山 侃: リモートセンシングデータを用いた小麦の出穂期までの LAI 推定, システム農学会 2008 年度秋季大会, 2008.10.31 (北海道)
- ⑧ 萬 和明, 田中賢治, 中北英一: 全球における土壤水分推定値の季節変化・年々変動の再現性検証, 水文・水資源学会 2008 年度研究発表会, pp.162-163, 2008.8.26 (東京)
- ⑨ 久保田達也, 牧 雅康, 田中賢治, 田村正行: 中国淮河における高時間分解能衛星データを用いた水田抽出と農事暦の推定, 生研フォーラム「宇宙からの地球環境モデリング」, 2008.3.18 (東京)
- ⑩ 橋本直之, 牧 雅康, 田村正行: 農事暦推定にむけた LAI 時系列変化パターンの抽出, 日本リモートセンシング学会第43回学術講演会, 2007.12.6 (大阪)
- ⑪ 田中賢治: 衛星解析による農事暦推定と作物判別ならびに陸面モデルにおける灌漑の表現, 「水循環」プロ農工研グループ研究会, 2007.9.3 (つくば)
- ⑫ 萬 和明, 田中賢治, 中北英一, 池淵周二: 全球陸域植生に対する気象支配因子の推定, 水文・水資源学会 2007 年度研究発表会, 2007.7.27 (名古屋)
- ⑬ Yorozu, K., K. Tanaka, E. Nakakita, S. Ikebuchi: Controlling meteorological factor for inter-annual variability of NDVI, IUGG XXIV General Assembly, 2007.7.13 (イタリア、ペルージャ)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 賢治 (TANAKA KENJI)
京都大学・防災研究所・准教授
研究者番号：30283625

(2) 研究分担者

寶 馨 (TAKARA KAORU)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号：80144327
田村 正行 (TAMURA MASAYUKI)
京都大学・工学研究科・教授
研究者番号：90109900
牧 雅康 (MAKI MASAYASU)
京都大学・工学研究科・助教
研究者番号：50375391
星川 圭介 (HOSHIKAWA KEISUKE)
京都大学・地域研究統合情報センター・助教
研究者番号：20414039
沖 大幹 (OKI TAIKAN)
東京大学・生産技術研究所・教授
研究者番号：50221148
中川 博視 (NAKAGAWA HIROSHI)
石川県立大学・生物資源環境学部・准教授
研究者番号：90207738
甲山 治 (KOZAN OSAMU)
京都大学・東南アジア研究所・助教
研究者番号：70402089

(3) 連携研究者

渡辺 紹裕 (WATANABE TSUGIHIRO)
総合地球環境学研究所・研究推進戦略センター・教授
研究者番号：50175105
安形 康 (AGATA YASUSHI)
(独) 海洋研究開発機構・地球環境フロンティア研究センター・技術主任
研究者番号：40361612