

機関番号：13201

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510001

研究課題名 (和文) シベリア原野・森林火災の最近10年の変動と温暖化との相互影響

研究課題名 (英文) Interactions between warming and wildfires in the last decade in Siberia

研究代表者

串田 圭司 (KUSHIDA KEIJI)

富山大学・極東地域研究センター・准教授

研究者番号：90291236

研究成果の概要 (和文)：

シベリアの森林火災には、林床と樹冠が燃えるか枯死する樹冠火と、林床のみが燃える地表火がある。燃焼時の二酸化炭素放出の平均値は、地表火が2.3tC/haであるのに対し、樹冠火は23tC/haであると言われている。しかしながら、これまで観測衛星によりこれらの区別はされなかった。燃焼時の二酸化炭素放出や森林の回復過程を考えると、樹冠火と地表火を区別した解析が求められる。最初に、1 kmの解像度で毎日観測する、中分解能撮像分光放射計(MODIS)画像の分光ミクセル解析により、地表火、樹冠火、および他の土地被覆の面積割合を算出するアルゴリズムを構築した。次に、2002年から2010年まで月ごと(毎年5～9月)に、東シベリアのMODIS画像の分光ミクセル解析から土地被覆カテゴリーの面積率の地理的分布を見積もった。その土地被覆カテゴリーの面積率の変化から、この期間の月ごとの地表火および樹冠火の発生の地理的分布、さらには地表火および樹冠火による焼失面積を得た。面積率の見積の検証については、Landsat TM画像により行った。Landsat TM画像は30mの解像度であるが、16日周期の観測のため、雲で地上の反射データが取得されないことを考えると、毎月の火災の解析には利用できない。MODIS画像で得られたシベリア全域の地表火および樹冠火の発生の地理的分布と気象データとを合わせて、本地域の火災の発生と気象状況との関係を解析した。その結果、樹冠火、地表火ともに降水量との正の相関関係があった。特に、降水量が顕著に少ない年には、樹冠火、地表火による焼失面積が顕著に大きかった。

研究成果の概要 (英文)：

Siberian wildfires have two burn types: one is stand-replacing fire that burns both forest floor and crown, and the other is surface fire that burns only forest floor. The average carbon-dioxide release during combustion is about 23tC/ha for the stand-replacing fire and 2.3tC/ha for the surface fire. However, the interpretation of these two different fire types through satellite images were hardly studied before. The analyses with the separation of the stand-replacing and surface fires are necessary for estimating carbon-dioxide releases during the combustion and in the forest recovery process. Based on these backgrounds, the algorithm for estimating the fractional land cover areas of the stand-replacing and surface fires and other land categories from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) was built. The resolution of MODIS is 1 km and the observation period is one day. Next, The geographical distributions of the land categories were estimated from MODIS for every month from May to September in 2002 – 2010. From the monthly land-category fractional area data, the geographical distributions of the monthly occurrences of stand-replacing fire and surface fire were estimated. The estimation was evaluated by comparing with the fractional areas of the land categories estimated from Landsat TM data. The resolution of Landsat TM is 30 m and the observation period is 16 days. The Landsat TM data itself cannot be used for the monthly fire occurrence analysis since the actual observation period is more than two months due to the cloud contamination. By comparing the estimated fire occurrences with meteorological data such as temperature and precipitation, the relationship between the fire occurrence and the climate was analyzed in Siberia. As a result, both the stand-replacing and surface fires have positive correlations with the precipitation. Especially, in the year the areas burnt by both stand-replacing and

surface fires were remarkable in the year when the precipitation is remarkably small.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：地球温暖化、シベリア、リモートセンシング

1. 研究開始当初の背景

北方森林における森林火災は、(1)燃焼中の炭酸ガスほか温室効果ガスの放出、(2)火災後の土壌有機物分解の促進、(3)湿地化によるメタンの放出、および(4)永久凍土融解に伴う凍土中メタンの放出を引き起こす。これらを通じて大気に温室効果ガスを放出する。2003年1年間のシベリアでの森林焼失面積は、我が国の国土面積の7割ほどに相当する2300万ヘクタールにも達した。火災の頻度が高くなると、森林回復による炭酸ガス吸収の効果を、火災に伴う温室効果ガス放出の効果が上回る。また、温暖化に伴い北方森林火災が増すと予想できる(Gillett et al., 2004)。特にシベリアは、世界の森林の20%を占める広大な北方森林を持ち、今後全球中で最も急速に温暖化が予想される。冬季の温暖化は雪解け時期を早め、乾燥年に火災が起こりやすくなる。今後、永久凍土地域の縮小や、森林火災の増加が予想できる。一方でシベリアの毎年の森林火災地の面積は、ロシア連邦の統計資料、衛星による見積もり、樹木年輪の火災跡判読の間に、大きく開きがある。その一つの要因が衛星画像の解像度の問題である。大陸規模の評価のためには、500m~1kmの地上分解能のMODISなどの衛星搭載センサーに頼らなければならない。また、シベリアでは、林床のみ燃える地表火が50~90%を占め、残りが樹冠火である(Furyaev, 1996)。地表火と樹冠火では、燃焼時の二酸化炭素放出に10倍の開きがある(Conard and Ivanova, 1997)。しかし、これまでは衛星によって地表火と樹冠火の区別がなされてこなかった(Conard et al. 2002; Sukhinin et al. 2004; Soja et al. 2004)。これらに対処するために、分光ミクセル解析により500m, 1km分解能の1つの画素内の地表火、樹冠火、森林(樹種ごと)、草地の面積率を見積もり、現地調査との比較を行った

(Kushida et al., 2007)。この際に、ノイズを軽減するために分解能30mの衛星から作成した模擬画像を用いた。模擬画像でなく実際の画像を用いては、まだ行われていない。

2. 研究の目的

実際のMODIS画像を用いて、シベリア全域の地表火および樹冠火の発生の地理的分布を、2002年から2010年まで月ごとに見積もる。その基礎として、2002年8月の画像と現地調査(2002年8月に行っている)により、見積もり手法を評価する。また、気象データと合わせて、本地域の火災の発生と気象状況との関係を解析する。

3. 研究の方法

(1) 樹冠火、地表火を受けた土地面積の見積もりアルゴリズムの構築：

2002年8月のMODIS画像の分光ミクセル解析を行い、各画素内の各土地被覆カテゴリ(地表火、樹冠火、森林(樹種ごと)、草地(疎および密))の面積率を得る。試験地域では2002年の5月から7月にかけて、地表火および樹冠火が起こった。2002年に火災が起こっていない場所では、その過去数年は火災を受けていない。分光ミクセル解析の際に、各土地被覆カテゴリの分光反射データの平均値を与える。分光ミクセル解析によって得た面積率と、Landsat TM画像(2002年8月取得と比較し、見積精度を評価する。このLandsat TM画像の分類結果は、現地調査および1m分解能のIKONOS衛星(2002年8月取得)により検証されている。

(2) 月ごとの樹冠火、地表火の地理的分布の見積もり：

(1)のアルゴリズムを適用し、実際のMODIS画像を用いて、シベリア全域の地表

火 および樹冠火の発生の地理的分布を、2002 年から 2010 年まで月ごとに見積もる。

(3) 樹冠火、地表火の発生と気象データとの関係

得られたシベリア全域の地表火および樹冠火の発生の地理的分布に、気象データを重ね合わせて、本地域の火災の発生と気象状況との関係を解析する。

4. 研究成果

(1) 樹冠火、地表火を受けた土地面積の見積もりアルゴリズムの構築：

MODIS 画像により、地表火、樹冠火、および他の土地被覆の面積割合を算出するアルゴリズムを構築した。図 1、図 2 に、それぞれ分光ミクセル解析によるアルゴリズム、重回帰分析によるアルゴリズムを用いた検証結果を示す。2002 年 8 月 14 日取得の MODIS 画像の 10 km × 10 km の領域を解析対象とした。実測値としては、2001 年 6 月 11 日と 2002 年 7 月 31 日取得の解像度 1 m の IKONOS 画像と現地調査によって得た。図中の各点は、1 km × 1 km の MODIS の一つの画素ごとの土地被覆カテゴリーの面積率を表している。実際の樹冠火(a)、地表火(b)について、変動係数 6~11%で見積もることができた。分光ミクセル解析について、密な草地(g)は正しく見積もれなかったが、シラカンバ(d)と密な草地(g)とを結合することによって、変動係数 10%の見積もりができた。重回帰分析によるアルゴリズムは、参照する Landsat TM 画像が必要であるため、以下の解析では分光ミクセル法によるアルゴリズムを用いた。

(2) 月ごとの樹冠火、地表火の地理的分布の見積もり：

2002 年から 2010 年まで月ごと(毎年 5~9 月)に、東シベリアの MODIS 画像の分光ミクセル解析から土地被覆カテゴリーの面積率の地理的分布を見積もった。その土地被覆カテゴリーの面積率の変化から、この期間の月ごとの地表火および樹冠火の発生の地理的分布、さらには地表火および樹冠火による焼失面積を得た。面積率の見積の検証については、Landsat TM 画像により行った。Landsat TM 画像は 30m の解像度であるが、16 日周期の観測のため、雲で地上の反射データが取得されないため、各年について、1 から 3 シーンの画像が使えた。

(3) 樹冠火、地表火の発生と気象データとの関係

MODIS 画像で得られたシベリア全域の地表火および樹冠火の発生の地理的分布と気象データを合わせて、本地域の火災の発生と

気象状況との関係を解析した。その結果、樹冠火、地表火ともに降水量との正の相関関係があった。特に、降水量が顕著に少ない年には、樹冠火、地表火による焼失面積が顕著に大きかった。

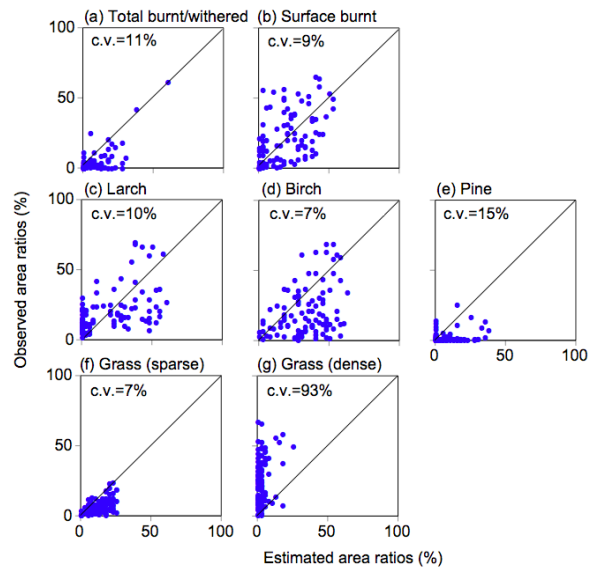


図 1. 分光ミクセル解析による実際の MODIS 画像による土地被覆カテゴリーの面積率の見積もり値 (横軸と実測値(縦軸))

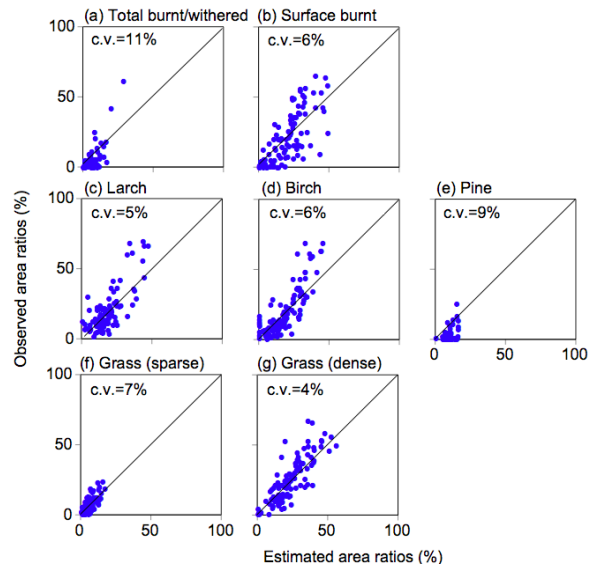


図 2. 重回帰分析法による実際の MODIS 画像による土地被覆カテゴリーの面積率の見積もり値 (横軸と実測値(縦軸))

(引用文献)

- Conard, S.G. and Ivanova, G.A. (1997) Wildfire in Russian boreal forests - Potential impacts of fire regime characteristics on emissions and global carbon balance estimates. *Environ. Pollut.*, 98: 305-313.
- Conard, S.G., Sukhinin, A.I., Stocks, B.J., Cahoon, D.R., Davidenko, E.P. and Ivanova, G.A. (2002) Determining effects of area burned and fire severity on carbon cycling and emissions in Siberia. *Clim. Change*, 55(1-2): 197-211.
- Furyaev, V.V. (1996), Pyrological regimes and dynamics of the southern taiga forests in Siberia. In: Goldammer, J.G. and Furyaev, V.V. (eds.) Fire in ecosystems of boreal Eurasia. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, the Netherlands, 168-185.
- Gillett, N. P., A. J. Weaver, F. W. Zwiers, and M. D. Flannigan (2004), Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L18211, doi:10.1029/2004GL020876.
- Kushida, K., Isaev, A. P., Takao, G., Maximov, T. C., and Fukuda, M. (2007). Remote sensing of total and surface burn ratios following a wildfire in East Siberia using 30 m - 1 km resolution images. *Eurasian Journal of Forest Research*, 10, 105-114.
- Soja, A.J., Sukhinin, A.I., Cahoon, D.R., Shugart, H.H. and Stackhouse, P.W. (2004) AVHRR-derived fire frequency, distribution and area burned in Siberia. *Int. J. Remote Sens.*, 25(10): 1939-1960.
- Sukhinin, A.I., French, N.H.F., Kasischke, E.S., Hewson, J.H., Soja, A.J., Csiszar, I.A., Hyer, E.J., Loboda, T., Conrad, S.G., Romasko, V.I., Pavlichenko, E.A., Miskiv, S.I. and Slinkina, O.A. (2004) AVHRR-based mapping of fires in Russia: New products for fire management and carbon cycle studies. *Remote Sens. Environ.*, 93(4), 546-564.
5. 主な発表論文等
〔雑誌論文〕(計7件)
1. 串田圭司 (2010). 陸域生態系の炭素収支のリモートセンシング. 光合成研究, 20, 43-47.
2. Kushida, K., & Yoshino, K. (2010). Estimation of LAI and FAPAR by constraining the leaf and soil spectral characteristics in a radiative transfer model. *International Journal of Remote Sensing*, 31, 2351-2375.
3. Kushida, K. (2010). Detection of active wildland fires using multitemporal MODIS images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 7, 301-305, doi: 310.1109/LGRS.2009.2034029
4. Kushida, K., Yoshino, K., Nagano, T., & Ishida, T. (2009). Automated 3D forest surface model extraction from balloon stereo photographs. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 75, 25-35.
5. Kushida, K., Kim, Y., Tsuyuzaki, S., & Fukuda, M. (2009). Spectral vegetation indices for estimating shrub cover, green phytomass, and leaf turnover in a sedge-shrub tundra. *International Journal of Remote Sensing*, 30, 1651-1658.
6. 串田圭司 (2008). 原野・森林火災の制御による温室効果ガス放出の抑制. 水土の知 (農業農村工学会誌), 76, 23-26.
7. Kushida, K., Liew, S. C., Mishigdorj, O., Kaku, K., Fukuda, M., & Honma, T. (2008). A stochastic fire detection model in 4 μm constructed by using ASTER and MODIS. *Asian Journal of Geoinformatics*, 8, 19-27.
- [学会発表] (計3件)
1. 串田圭司 (2010)北極域の生態系の変化のリモートセンシング, 日本地球惑星科学連合2010年大会(招待講演).2010年5月28日,千葉県幕張市
2. Kushida, K., S. Hobara, S. Tsuyuzaki, M. Watanabe, K. Harada, Y. Kim, G. R. Shaver, and M. Fukuda (2010) Spectral indices for remote sensing of phytomass and deciduous shrub changes in Alaskan arctic tundra, Eos Trans. AGU, 89(53), Fall Meet. Suppl., Abstract GC43B-0977, American Geophysical Union Fall Meeting 2010, 13-17 December 2010, San Francisco.
3. Kushida, K., Kim, Y., Tsuyuzaki, S., & Fukuda, M. (2008) Spectral vegetation indices for estimating shrub cover, green phytomass, and leaf turnover in a sedge-shrub tundra, Eos Trans. AGU, 89(53), Fall Meet. Suppl., Abstract B41A-0358, American Geophysical Union Fall Meeting 2008, 15-19

December 2008, San Francisco.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

串田圭司 (KUSHIDA KEIJI)
富山大学・極東地域研究センター・
准教授
研究者番号 : 90291236