

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23405005

研究課題名(和文)中国福建省竹林害虫大発生が生物多様性消失によるとする仮説の衛星画像を用いた検証

研究課題名(英文) Using the satellite images to verify the hypothesis that China Fujian bamboo forest pest outbreaks are due to biodiversity loss

研究代表者

王 秀峰 (Wang, Xiufeng)

北海道大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：30301873

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円、(間接経費) 4,050,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、時系列Landsatデータを竹林分布と生育状態をマッピングするために使用した。竹林被害範囲は、80年代後半から90年代前半まで、竹林面積の増加と共に広がり、その後、徐々に減少したことを示すことができた。また、冬季の月平均最低気温と害虫発生の関係が判明した。

害虫ダニとその捕食者の個体群動態の観察によって、モウソウチクの葉の傷害スポットは、少なくとも1年間害虫ダニの発生後に残存していることがわかった。また、我々は害虫と共通天敵における生物的防除の有効性を測るシミュレーションモデルを構築し、タケにおける害虫大発生は天敵系を破壊したことによって生じた可能性が強く示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study indicates that the Landsat time series can be used to effectively monitor the bamboo forest and used to map the bamboo forest distribution and growth situation. The results show that the total bamboo forest area and damaged areas were both increasing from the late 1980s to early 1990s. However, there was a decrease in damaged bamboo forest area after late 1990s. In addition, severe damage of pest mites is less with lower temperatures in winter.

We observed the population dynamics of pest mites and their predators in the Moso bamboo forest in Nanping district, China. From this survey, we learned that the injury spots of Moso bamboo leaves remained at least one year after the pest mite occurrence. We made a simulation model, which was describing a system with one common predator, and two prey species on two different plants. By using this model, we found theoretically that the outbreak of bamboo pest mite did not occur in a bamboo forest with silver grass.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生態・環境

キーワード：リモートセンシング 生態系修復・整備 応用動物 環境調和型農林水産 生物圏現象 スゴモリハダニ 害虫大発生 モウソウチク

1. 研究開始当初の背景

1980年代後半までは福建省のモウソウチクは、いわゆる粗放（自然）栽培であり、農家が他の樹木、草本と混交しているモウソウチクからタケノコや竹稈を採取するという、いわば採集型農業であった。ところが、日本などにおける高いタケノコ需要と、産業勃興による竹稈需要の高まりから、1980年代後半に、省をあげてモウソウチク林の生産性向上が図られ、大半のモウソウチク林が純林（単作）化されたのである。それによって一時的に生産性が上がったものの、数年を経て害虫、特にハダニ類の大地域的な大発生が起き、多くの竹林が崩壊するという事態をまねいた (Zhang *et al.* 2000)。これは、まさしく自然林を開墾し、作物栽培や単一樹種を植林（人口林）し、大面積化したという農業や林業の発展期に起きた事象そのものである。しかも、分担者らの12年間にわたる日中共同研究（科研費基盤（B）海外、平成13～15年度等）によって、理論と実証の両面から、それが自然条件で繁茂していた竹林の林床ススキの消滅（天敵飼養植物の消失）と、それに重層する不適切な竹林経営（竹の落葉周期の強調）という2つの人為的な操作（農作業）によって、従来のモウソウチク混交林の生物多様性が消失し、その結果引き起こされたという可能性が強く指摘された (Tsuji *et al.* 2010)。しかし、福建省には27万ヘクタールのモウソウチク林があり、個々の竹林も数～数十ヘクタールと広く、栽培体系の大きな変更によって起きた現象を、微小なハダニ類の個体群動態だけから明らかにすることは、到底できそうにない。また、大発生が認識された時点において、その発生の初期状態、あるいは発生に至る経過は過去のものとなっており、それらは生態学の立場からはほとんど入手不可能であった。

そのため、衛星画像に基づくリモートセンシング技術を駆使した広域の農業・林業生産環境モニタリング法によって、様々な大地域に起きた現象を過去に遡って解析できる点に注目した。すなわち、過去の衛星画像を解析することで、前記の「多様性消失/害虫大発生仮説」を証明できる可能性である。

2. 研究の目的

本研究では、衛星画像情報解析・害虫・数理生態・農業気象の専門家の協力を得て、当該地域の過去・現在の衛星画像データ入手し、最新のコンピューター画像解析技術を駆使することで、害虫の大発生の開始から現在までの竹林環境変化の時系列データと気象変動データを解析することを計画した。それらを、すでに蓄積のある現地の大発生期の被害実態および終息期の現在の状態と詳細に対応させて解析することで、マクロなレベルでの害虫発生パターンとその原因を確認し、さらにそ

のパターンに、数理学における格子モデルをあてはめることで、現象の背後にある基本的な法則性を明らかにしたいと考えている。

3. 研究の方法

本研究では、中国福建省全域における過去の害虫大発生、非発生モウソウチク林を対象フィールドとする。現地調査と衛星画像をもとに、リモートセンシング手法を駆使して時系列および大地域的に竹林動態を解析し、害虫発生動態、気象データをそれに重ねることによって、仮説検証を試みる。

4. 研究成果

解析のため、アメリカUnited States Geological Survey (USGS) のホームページ (<http://glovis.usgs.gov/>) からダウンロード、または購入により1988年から2009年までのLandsat TMデータ43シーン、ETM+データ75シーンを入手した。

衛星データ解析精度を向上するため、解析全地域で2回の現地調査を行い、430個グラウンドトゥルース (ground truth) データ（その中、モウソウチクは171点）、115個幾何補正用GCP(地上基準点 Ground Control Point) および分光放射計による異なる植物の波長分布データ225個を入手した。これらのデータによって、衛星データの分類精度が82%となり、Kappa0.88に達した。

表1 衛星データの分類精度

Class Name	References Totals	Classified Totals	Number Correct	Producer's Accuracy (%)	User's Accuracy (%)
Bamboo forest	52	46	42	80.77	91.30
Conifer forest	68	70	55	80.88	78.57
Other vegetation	57	61	48	84.21	78.69
Totals	177	177	145		
Overall Classification Accuracy 81.92%					

時系列衛星データ解析の結果によって、モウソウチクのナンキンズゴモリハダニの被害範囲は80年代後半から90年代前半まで広がり、その後、徐々に減少したことが明らかになった (図1)。この結果は、この時期に実施された環境保全型害虫総合防除法の有効性を示すものだと考えられる。

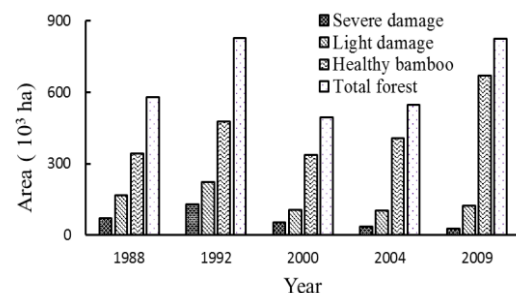


図1 竹林総面積及び被害範囲の経年変化

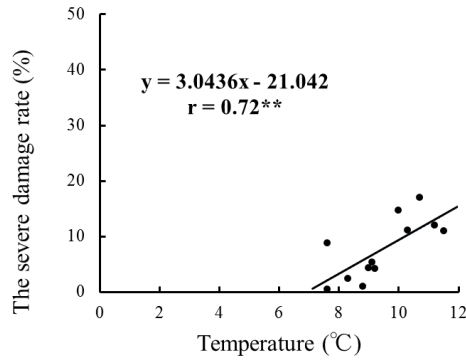


図2 竹林被害程度と前年度月平均最低温度の関係

モウソウチクの被害程度と前年度月最低平均気温との関係を解析し、相関係数は0.72で、1%有意水準を示した。即ち、冬の気温が低い年には、次の年のモウソウチクの被害は軽くなる傾向があった(図2)。

現地での被害調査によって、このハダニを食うタケカブリダニが竹林から消えたことの原因は、竹林に生育していたススキを刈り取ったことを見つけた(Zhang, Saito and Lin, 2004)。タケとススキの混合(polyculture)から竹のみの単作(monoculture)への竹林の変化が、害虫の大発生と関係があったのである。タケは2年に一度葉を落とし、ナンキンゴモリハダニはそのときいないので、その間の捕食者であるカブリダニの餌が必要である。この間の餌として、ススキを食うススキゴモリハダニが必要であったのである。我々は1種の捕食者(カブリダニ)、と2種の被食者(タケのみに住むナンキンゴモリハダニと、ススキのみに住むススキゴモリハダニ)、それと2種の生息域(タケとススキ)で構成されるシステムを記述するシュミレーションモデルを作成し、動態を解析した(図3)。さらに条件により種々の数値結果が得られた(図4)。竹とススキが同時に存在する場合にのみ、Type3(図4参照)が出現した。これにより、食う一食われるものの安定した個体群が存在するためには、タケとススキの生息域が必要であることがシュミレーションでも確認できた。3種のプレイヤーと二つの生息域を考慮した数学モデルはこれまであまり研究されていなく、このシュミレーションモデルは重要である。このシュミレーションモ

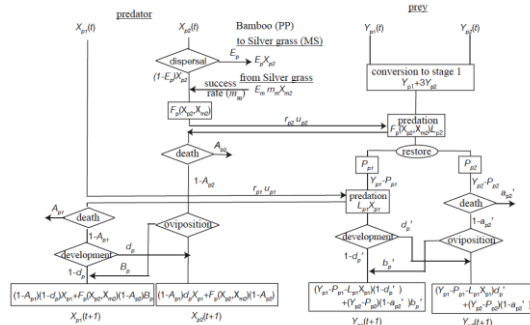


図3 シュミレーションモデル(竹のみ)

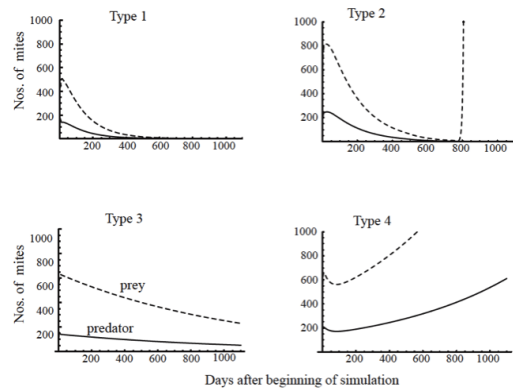


図4 種々な数値結果 (prey: 竹の害虫, Type3: 捕食者と被食者の安定とみなす)

デルには、これまでの観測値、実験値を使ったが、一部不明瞭な値のパラメータがあるので、これらの実測値を求め、更にシステム動態を正確に記述する事が今後必要となる。

2012年秋から2014年春に、南平地区で竹林に害虫ダニとその捕食者の個体群動態を観察した。ナンキンゴモリハダニは最初の年に春から秋にかけてひどく発生していたが、それは2年の冬から春にかけて急速に減少した。今回の調査から、モウソウチクの葉の傷害スポットは、少なくとも1年間害虫ダニの発生後に残存していることがわかった。したがって、衛星リモートセンシングによるタケの葉の変化を推定する際に、葉上のような損傷の遅延および残留効果が考慮されなければならないことが明らかになった。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 14 件)

- (1) Meng Guo, Xiufeng Wang, Jing Li and Hiroshi Tani: Examining the relationships between land cover and greenhouse gas concentrations using remote-sensing data in East Asia, International Journal of Remote Sensing, 査読有, 34(12), 4281-4303, 2013.
- (2) Meng Guo, Xiufeng Wang, Jing Li, Kungpeng Yi, Guosheng Zhong, Hongmei Wang, Hiroshi Tani: Spatial distribution of greenhouse gas concentrations in arid and semi-arid regions A case study in East Asia, Journal of Arid Environments, 査読有, 91, 119-128, 2013.
- (3) Mori Kotaro and Saito Yutaka: Genetic basis of woven nest size in subsocial spider mites, Exp Appl Acarol, 査読有, 60(4), 463-478, 2013.
- (4) Saito Yutaka, Kanazawa Miki and Sato Yuki: Life history differences

- between two forms of the social spider mite, *Stigmaeopsis miscanthi*, Exp Appl Acarol, 査読有, 60(3), 313-320, 2013.
- (5) Ito Katsura, Fukuda Tatsuya, Hayakawa Hiroshi, Arakawa Ryo, Saito Yutaka: Relationship between 1 body colour, feeding, and reproductive arrest under short-day development in *Tetranychus pueraricola* (Acari: Tetranychidae), Experimental and Applied Acarology, 査読有, 60(4), 471-477, 2013.
- (6) Jie Ji, Tao Lin, YanXuan Zhang, Li Sun, Yutaka Saito, JianZhen Lin & Xia Chen: Effects of starvation and humidity on the development and survival of *Amblyseius swirskii*, *Agistemus exsertus* and *Amblyseius eharai*, Systematic & Applied Acarology, 査読有, 18, 321-328, 2013.
- (7) Oku Keiko and Saito Yutaka (2014). Do males evaluate female age for precopulatory mate guarding in the two-spotted spider mite? Journal of Ethology, 査読有, 32, 1-6, 2013.
- (8) Guo, M., Wang, X., Liu, Y., Li, J., Wang, H., Matsuoka, N. and Tani, H.: The effects of sand dust storms on greenhouse gases, International Journal of Remote Sensing, 査読有, 33(21), 6838-6853, 2012.
- (9) Meng Guo, Xiufeng Wang, Jing Li, Kungpeng Yi, Guosheng Zhong and Hiroshi Tani: Assessment of global carbon dioxide concentration using MODIS and GOSAT data, Sensors, 査読有, 12(12), 16368-16389, 2012.
- (10) Katsura Ito, Yokoyama Nanako, Kumekawa Yoshimasa, Hayakawa Hiroshi, Minamiya Yukio, Nakaishi Kazuhide, Fukuda Tatsuya, Arakawa Ryo & Saito Yutaka: Effects of inbreeding on variation in diapause duration and early fecundity in the Kanzawa spider mite, Ent Exp Appl, 査読有, 1570-7458, 2012.
- (11) Liu, Y., Wang, X., Guo, M., Tani, H., Matsuoka, N. and Matsumura, S.: Spatial and temporal relationships among NDVI, climate factors, and land cover changes in northeast Asia from 1982 to 2009. GIScience and Remote Sensing, 査読有 48(3), 371-393, 2011.
- (12) Saito Yutaka, Chittenden R. Anthony, Miki Kanazawa, Counterattack success of a social spider mite against two predominant phytoseiid predator species, Experimental and Applied Acarology, 査読有, 55, 249-258, 2011.
- (13) Yano Junya, Saito Yutaka, Chittenden Anthony R. and Yukie Sato, Variation in counterattack success against a phytoseiid predator between two forms of the social spider mite *Stigmaeopsis miscanthi*, J Ethol, 査読有, 29, 337-342, 2011.
- (14) Nobuyuki Tsuji, Anthony R. Chittenden, Takuya Ogawa, Takenori Takada, Yan-Xuan Zhang, Yutaka Saito: The possibility of sustainable pest management by introducing bio-diversity, simulations of pest mite outbreak and regulation, Sustainable Science, 査読有, 6, 97-107, 2011.
- [学会発表] (計 8 件)
- (1) Guosheng Zhong, Xiufeng Wang, Hiroshi Tani, Kungpeng Yi: Monitoring of bamboo forest damage using multi-temporal satellite images and meteorological data, Proceedings of International Symposium on Agricultural Meteorology 2014, Conference Hall, Hokkaido University, Sapporo, Japan, March 17-21, 2014.
- (2) 齋藤 裕, Ji Jie, Zhang Yanxuan: 餌なし条件下における 4 種カブリダニメスの生存日数と子の共食いについて, 2013 年度日本応用動物昆虫学会・昆虫学会共催北海道支部大会, 北海道大学, 札幌, 日本, 1 月 26 日, 2014.
- (3) Meng Guo, Xiufeng Wang, Hiroshi Tani, Kungpeng Yi, Guosheng Zhong: How Greenhouse Gases and Climate Factors Affect Each other, 35th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Beijing International Convention center, China, April 22-26, 2013.
- (4) Zhong, G., Wang, X., Tani, H., Guo, M., Yi, K: Using Remote Sensing and Meteorological Data to Monitor Bamboo Forest Damage, 35th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Beijing International Convention center, China, April 22-26, 2013.
- (5) GUO Meng, Wang Xiufeng, Matsuoka Nobuhiro, TANI Hiroshi, Matsumura Shinji, Yi Kungpeng and Zhong Guosheng: Desertification process assessment in Asia over the past 30 years. Extended Abstracts of International Symposium on Agricultural Meteorology 2013. Ishikawa Prefectural University, Nonoichi, Japan, March 26-30, 2013.
- (6) Meng GUO, Xiufeng WANG, Guosheng ZHONG and Hiroshi TANI: The Distribution of

Greenhouse Gas Concentrations in China Using GOSAT Data. Extended Abstracts of International Symposium on Agricultural Meteorology 2012, Osaka Prefecture University, Sakai, Japan, March 13-17, 2012.

- (7) 齋藤 裕・金澤美季・佐藤幸恵：攻撃性と休眠性の異なるススキスゴモリハダニ 2 型の生活史比較，日本応用動物昆虫学会 56 回大会，近畿大学，奈良，日本，2012 年 3 月 28 日。
- (8) Yang LIU, Xiufeng WANG, Meng GUO and Hiroshi TANI: Comparison of GOSAT CAI and spot VGT NDVI data with different season and land cover in east Asia, ISPRS Workshop on Geospatial Data Infrastructure: from data acquisition and updating to smarter services, Guilin, China, October 20-21, 2011.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

王 秀峰 (Wang Xiufeng)  
北海道大学・大学院農学研究院・准教授  
研究者番号：30301873

### (2) 研究分担者

齋藤 裕 (Saito Yutaka)  
北海道大学・名誉教授  
研究者番号：20142698

高田 壮則 (Takada takenori)  
北海道大学・大学院地球科学研究院・教授  
研究者番号：80205755

佐原 健 (Sahara Ken)  
岩手大学・農学部・教授  
研究者番号：30241368

谷 宏 (Tani Hiroshi)  
北海道大学・大学院農学研究院・准教授  
研究者番号：80142701

辻 宣行 (Tsuji Nobuyuki)  
北海道大学・サステイナビリティ学教育研究センター・特任准教授  
研究者番号：40236881