

衛星画像による生産緑地のヒートアイランド現象緩和効果の観測

橋田祥子*, 内田裕貴**, 杉村俊郎***

Mitigation Effect Observation of Heat Island Phenomenon
at Productive Green Spaces by Satellite Imageries

Shoko HASHIDA*, Yuuki UCHIDA** and Toshiro SUGIMURA***

The productive green spaces of the Tokyo not only provide crops but also have various social important roles such as climate control, disaster prevention, landscape, etc. In particular, it is considered effective in mitigating the heat island phenomenon. The productive green spaces law was revised in 1992 with a 30-year deadline, and farmland in urbanized areas can be preserved as productive green spaces, but there is a concern that it will gradually become residential after 2022 when the deadline expires. The purpose of this study is to clarify the mitigation effect of the heat island phenomenon in productive green spaces and farms from satellite imageries.

Keywords: Sentinel-2/MSI, Landsat/TM, Heat Island, Productive Green Spaces

1. 目的

1974 年に交付された生産緑地法は、市街化区域内の農地を維持する目的で、緑地に加え原則宅地化されることになった農地に対し一般農地並の課税に抑える政策である¹⁾。その後 1992 年に同法が改正され、市街化区域内の農地は宅地化を進める農地（宅地化農地）と保全する農地（生産緑地）に明確に分けられた²⁾。しかしこの法案は 30 年の期限付き税制優遇処置であった。2022 年以降、都市部の大量の土地で生産緑地指定が解除され宅地化されることが懸念されている³⁾。都市部の生産緑地は、農作物を提供するのみならず、気候調整機能、防災機能、景観、社会的機能等多岐にわたる重要な役割を担っている。加えてヒートアイランド現象の緩和にも効果的と考えられる⁴⁾。本研究は生産緑地および農地の保

全を図るために、衛星画像からヒートアイランド現象を観測し、生産緑地および農地が有するヒートアイランド現象の緩和効果の確認を目的としている。

2015 年 6 月に打ち上げられた欧州地球観測衛星 Sentinel-2A に搭載されたマルチスペクトルイメージャ (MSI) は、可視・赤外域に 13 の観測波長帯、10~60 m の地上分解能を有する光学センサである⁵⁾。特に可視 (Band 2~4) および近赤外 (Band 8) の空間分解能は 10 m であり、日本の陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS) に搭載された高性能可視近赤外放射計 2 型 (AVNIR-2) に匹敵している⁶⁾。加えて欧州宇宙機関 (ESA) が提供しているクラウドストレージ上から、ユーザは無償でデータの利用が可能となっている。一方米国地球観測衛星 Landsat は 10~13 μ 帯で地上分解能約 100 m の情報を収集し、地表面温度を観測している⁷⁾。これらにより地上分解能 10 m の Sentinel-2 およ

* 日本大学生産工学部研究員

** 日本大学生産工学部土木工学科助教

*** 日本大学生産工学部土木工学科教授

び ALOS の可視・近赤外データから得られる農地情報と、地上分解能約 100 m の Landsat 熱赤外データから得られる農地周辺の熱環境について調査を行った。

2. 対象地域と使用データ

西東京市内の生産緑地⁸⁾と東京大学大学院農学生命科学研究科附属田無演習林⁹⁾(以降東大農場と略す)の農場と演習林を対象として、ALOS/AVNIR-2 および Sentinel-2/MSI の可視・近赤外データ(処理レベル 1 B) および Landsat 熱赤外データ(処理レベル 1) を使用して調査を行った。観測年月日は次のとおりである。

- ・ ALOS/AVNIR-2 : 2007 年 3 月 1 日観測
- ・ Sentinel-2/MSI : 2017 年 3 月 19 日観測
- ・ Landsat-8/TIR : 2017 年 3 月 20 日観測
- ・ Sentinel-2/MSI : 2018 年 8 月 1 日観測
- ・ Landsat-8/TIR : 2018 年 8 月 14 日観測

Fig. 1 に西東京市(白で示す領域)に位置する生産緑地(赤で示す領域)および農場(農地)と演習林(林地)からなる東大農場(Tanashi Farm と略す、水色で示す領域)の位置関係を示す。約 400 件の生産緑地は小規模で多くは 0.3ha 程の広さであるのに対し、東大農場はおよそ 30ha 程の広さである。空間分解能 10 m の AVNIR-2 および MSI データからは各農地のスペクトル特性の測定が可能であり、栽培品種をある程度把握可能な東大農場のスペクトル特性と比較することで、類似性を確認することが可能と考えられる。また同時期に観測された Landsat 熱画像から、生産緑地と東大農場周辺の地表面温度の特徴も調査可能と考えられる。

西東京市の生産緑地で春季に栽培されている作物品種はキャベツ、レタス、小松菜等、夏季はキュウリ、トマト、トウモロコシ等である¹⁰⁾。

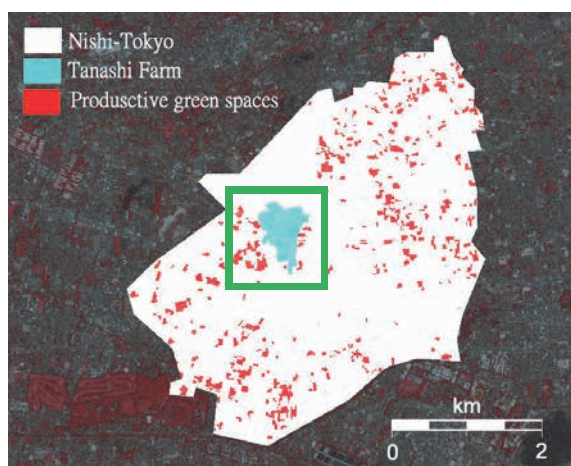


Fig. 1 Area of Nishi-Tokyo (white), Tanashi Farm (cyan) and productive green spaces (red)

3. 東大農場と生産緑地のスペクトル特性と地表面温度

Fig. 2 に東大農場の農地図面を、Fig. 3 に 2007 年 3 月に ALOS が、2017 年 3 月および 2018 年 8 月に Sentinel-2 が観測した画像(ALOS は RGB にバンド 4, 3, 2 を、Sentinel-2 は RGB にバンド 8, 4, 3 を割り当てたフォー

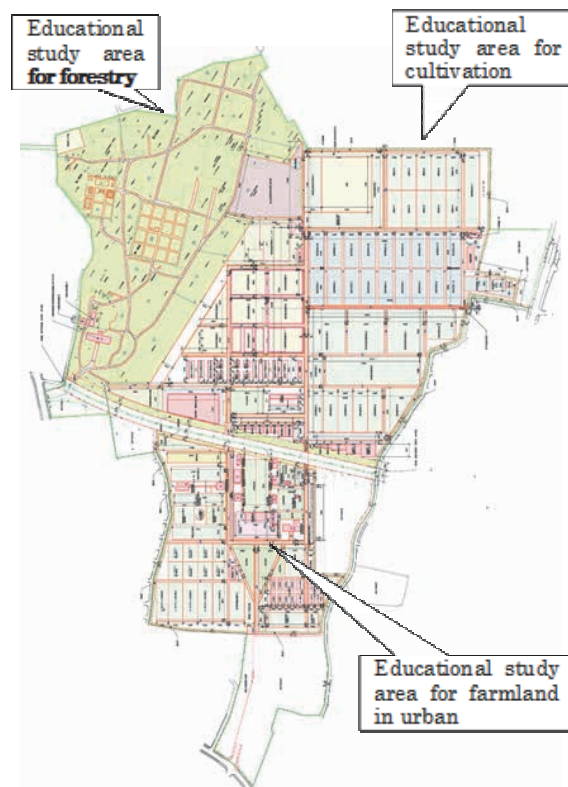
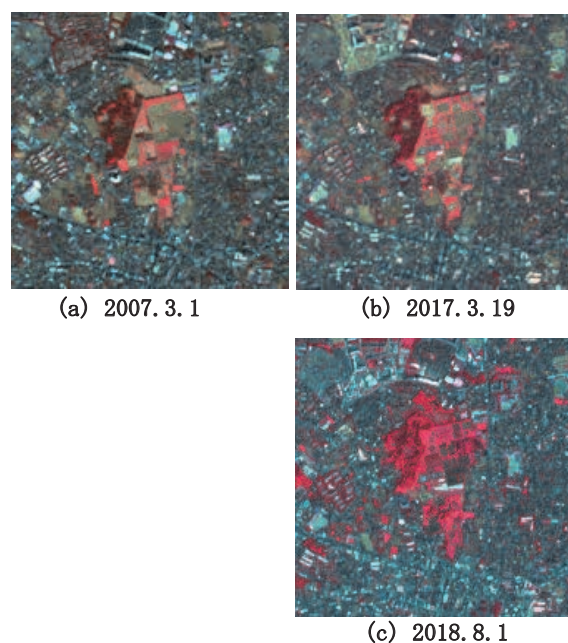


Fig. 2 Campus map of the Tanashi Farm



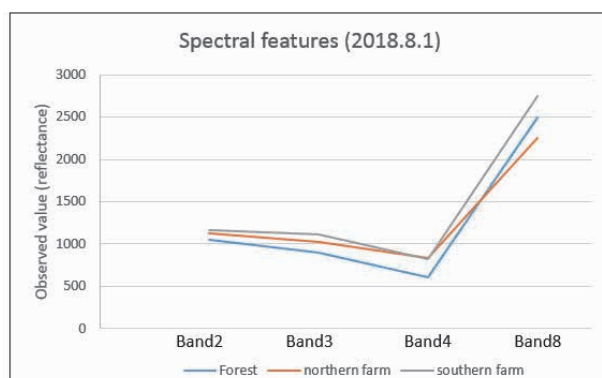
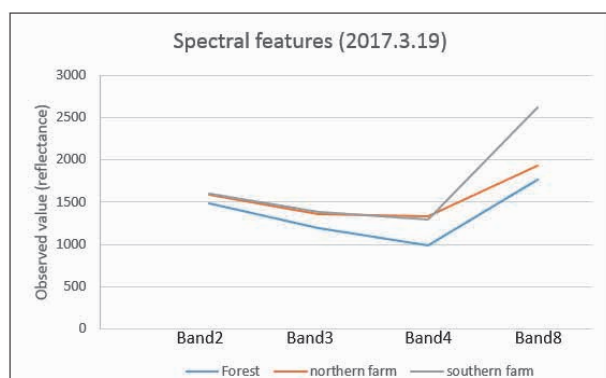
Figs. 3(a)-3(c) Color composite images of Tanashi Farm by ALOS/AVNIR-2 and Sentinel-2/MSI

ルスカラー合成画像)を示す(画像の範囲はFig.1に示す緑の矩形領域)。3月の画像には演習林および農場南部(Fig.2, 都市型農業研究地区)と農場北部(Fig.2, 耕地教育研究地区)のスペクトル特性にバンド8で大きな違いが認められ(Fig.4(a)), 農作物の栽培が一部で行われていない状況も見て取れる。しかし, 8月の画像では農場南部と北部でスペクトル特性が類似しており(Fig.4(b)), 農作物の栽培が行われているものと思われる¹¹⁾。

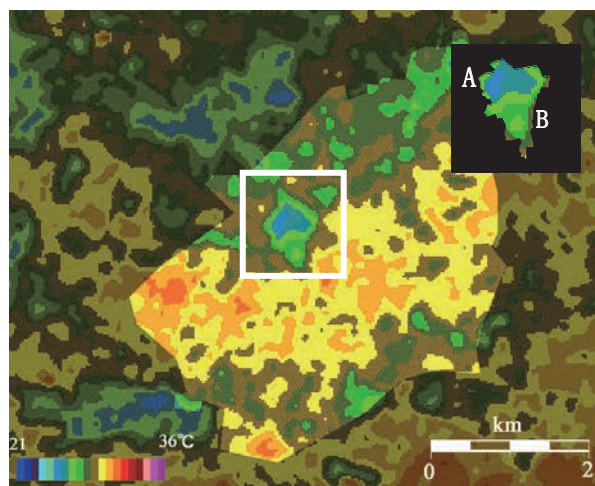
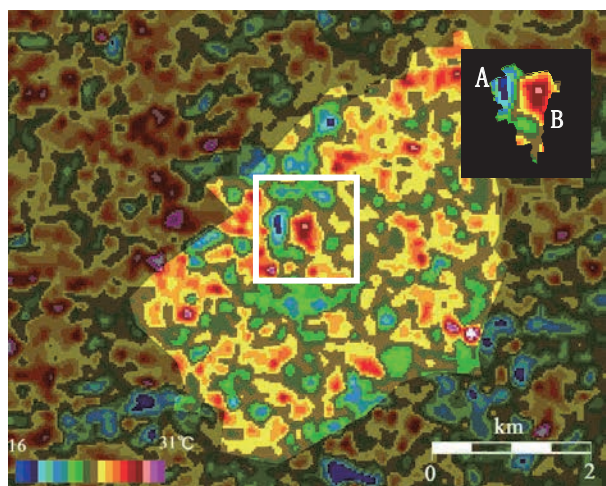
Fig.5は3月および8月のLandsat-8/TIRが観測した地表面温度分布画像(高温部を暖色系の, 低温部を寒色系の色でレベルスライス表示)である。図中のカラーチャートに示す温度はLandsat-8画像データと共に配布される輝度温度への変換式により求めた。東大農場(Fig.5右上の画像は白枠内の東大農場域を抽出したもの)において3月では演習林(A)と農場(B)では大きな温度差が認められるが, 8月ではその差は低減している。また, 農場の北部と南部では, 3月は北部の地表面温度が高く観測されているが, 8月は両者の間に大きな差は認められない¹²⁾。東大農場は北部を耕地教育研

究地区, 南部を都市型農業研究地区として利用している(Fig.2)ことから時季により土地被覆が異なるものと考えられる。小規模な農地である生産緑地はLandsat熱画像の観測では地上分解能が十分ではない。しかし, 周囲の観測値と比較して低減効果が現れていることを確認可能であると考えられる。

可視・近赤外データを使って自動分類(クラスタリング)処理を行った結果をFig.6に示す。Fig.6(a), (b)各左側の画像は初期クラス数20で分類処理した結果を20色で表示したものである。東大農場内の農地には代表的な特徴を持つ主要4クラスが認められた。Fig.6(a), (b)各右側の画像は主要4クラスの分布を示したものである。東大農場の利用状況を照合し, 類似した特徴を持つグループ, 例えば野菜や果実等の特徴をもつクラスを生産緑地毎に確認することで, その分布状況を知ることが可能と思われる。



Figs. 4(a), (b) Spectral features of each area, forest (blue), northern farm (orange) and southern farm (gray), observed by Sentinel-2 on March 19, 2017 (a) and August 1, 2018 (b)



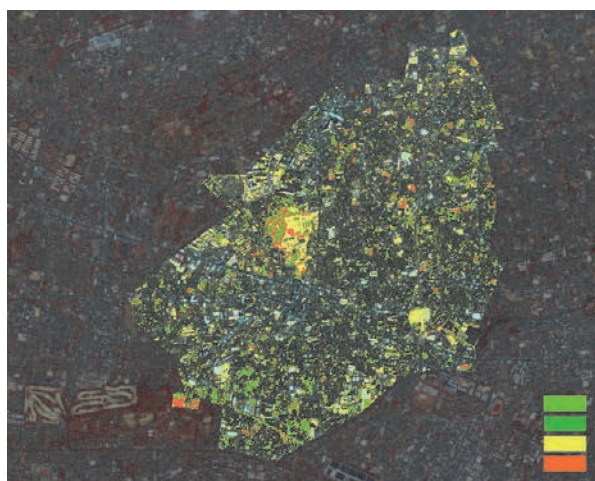
(a) 2017. 3. 20

(b) 2018. 8. 14

Figs. 5(a), (b) Colored images of the earth surface temperature at Tanashi Farm observed by Landsat-8/TIR on March 20, 2017 (a) and August 14, 2018 (b).



(a) Classified result by processing clustering method (2017.3.19)



(b) Classified result by processing clustering method (2018.8.1)

Figs. 6(a), (b) Land cover images classified by processing clustering method using Sentinel-2/MSI multi-spectral data observed on March 19, 2017 (a) and August 1st, 2018 (b)

4. 生産緑地周辺の地表面温度分布

2017 年および 2018 年の Landsat-8 により Sentinel-2 の観測データと同時期の熱赤外画像を調査した。西東京市の地表面温度分布は Fig. 5 に示すとおりである。西東京市、東大農場および生産緑地の地表面温度の平均を **Table 1** に示す。Table 1 から東大農場の地表面温度は西東京市の値より低いことが確認できる。一方、生産緑地周辺域の平均地表面温度は西東京市の値と 8 月は同等、3 月は超えている。しかし、規模の大きな生産緑地の値に着目すると、8 月では西東京市の値より低下している。ただし 3 月の値は逆に上昇している。規模の小さい生産緑地では Landsat データの分解能が粗いことから観測値は周辺の影響を受けていると考えられる (**Fig. 7**)。また緩和効果は 8 月の観測値において確認することができた。

Fig. 6 に示す東大農場内の主要な 4 クラスに分類された生産緑地周辺の Landsat-8 による観測値の平均を

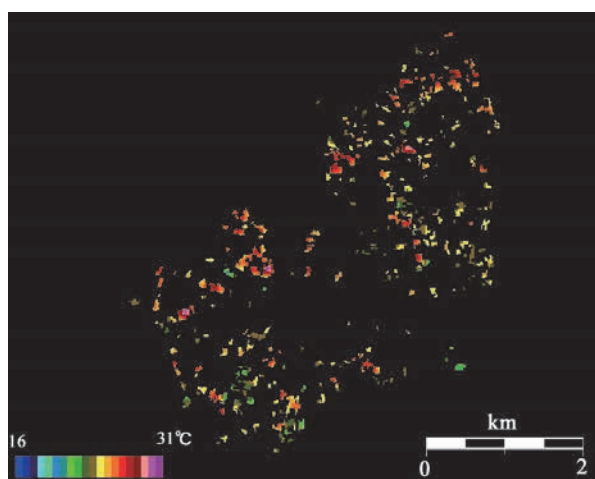
Table 1 Average temperature of each area, Nishi-Tokyo, Tanashi farm and productive green spaces (°C)

	2017.3.20	2018.8.14
Nishi-Tokyo	20.31	24.44
Tanashi Farm	20.13	22.18
Productive Green Spaces	20.86	24.36
Productive Green Spaces (large)	20.99	24.07

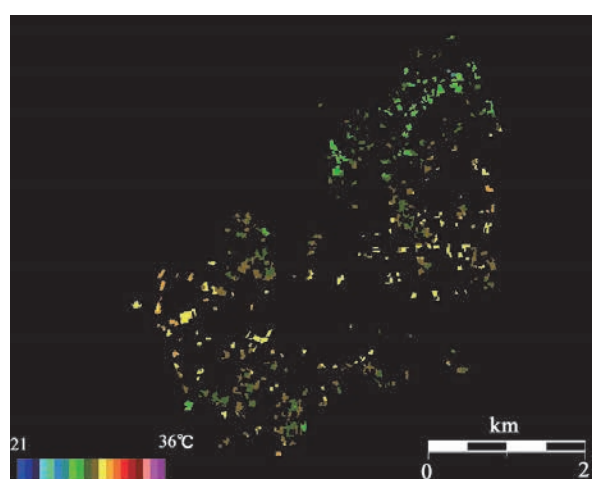
Table 2 に示す。農地の被覆の違いが熱環境に及ぼす影響が異なることが認められる。

5. 現地調査

2018 年 8 月 22 日 9 時から 10 時にかけて赤外線放射カメラ (ThermoGEAR120EX, 日本アビオニクス社製) を用いて、東大農場内の各種農作物等の温度観測を行っ



(a) 2017. 3. 20



(b) 2018. 8. 14

Figs. 7(a), (b) Earth surface temperature at productive spaces on March 20, 2017 (a) and August 14, 2018 (b)

Table 2 Average temperature of main classes in Tanashi farm (°C)

	2017.3.20	2018.8.14
Class-1	20.52	23.99
Class-2	20.70	24.19
Class-3	21.03	24.10
Class-4	20.53	23.72

Table 3 Ground truth result measured by thermal camera

Objects	Mean Temp.	Max. Temp.	Mini. Temp.
① Buckwheat	31.25°C	31.28°C	29.63°C
② Weeds	36.00	37.69	34.47
③ Corn	33.90	38.07	30.18
④ Sweet Potatoes	33.30	36.79	31.02
⑤ Tomato	33.96	37.29	30.87
⑥ Rice plant	34.53	35.69	33.71
⑦ Mulberry	32.40	35.44	30.45
Soil	49.48		
Gravel	45.32		
Concrete	43.76		



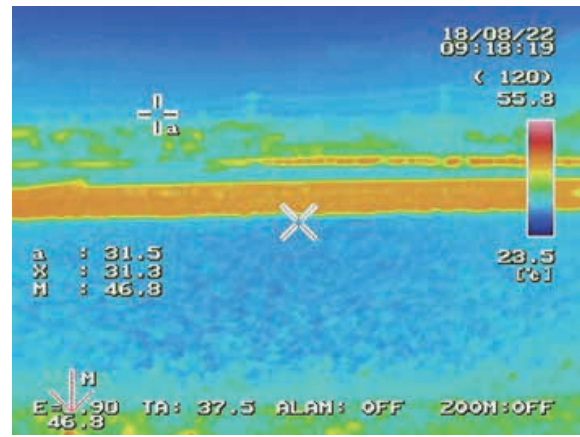
Fig. 8 Position of ground truth

た¹³⁾。ソバ、トウモロコシ、サツマイモ、トマト、イネ等が農場北部で栽培されている (Fig. 8)。雑草を加えた7クラスの測定結果 (Fig. 9) を10時前後の平均温度、最低・最高温度として Table 3 に示す。同時時間帯の黒土、砂利、コンクリートのそれぞれの平均温度は49.48°C、45.32°C、43.76°Cであり、農作物の観測値と比べ10~20°Cの温度差が確認された。また農作物も濃密な葉で覆われた①ソバが最も温度が低く、丈が高く葉が密に覆われている⑦クワが次いで低かった。⑥イネ、⑤トマト、③トウモロコシが若干高いのは丈は高いものの

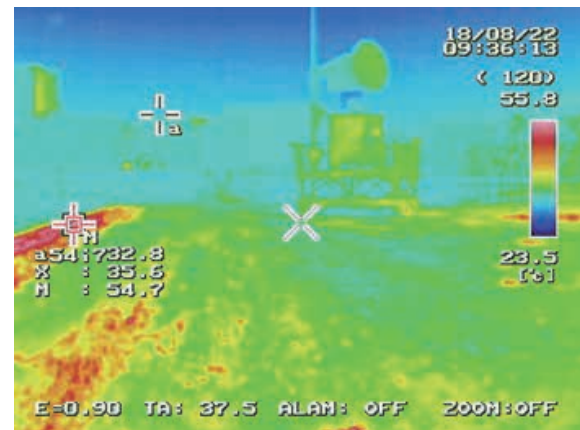
葉の密度に差があるためと思われる。②雑草は一部で地面が露出していることから温度は高めであった。

6. 考察

西東京市の生産緑地の多くは0.3ha程の広さであり、空間分解能10 mのSentinel-2/MSIでは数10画素に相当する領域である。ある程度の広さで栽培されている農作物に関し識別可能であった。東大農場内の代表的な農作物のスペクトル特性を教師とすれば、各生産緑地で栽培している農作物の特性を推定することはある程度可能と思われ、さらにLandsat-8/TIRの熱画像から生産緑地周辺での熱環境把握に貢献することが可能と思われる。2018年8月の観測画像に基づく調査結果および現地調査に基づく調査結果から、いくつかの特徴を持つグループ毎の地表面温度を比較すると Table 2の様に温



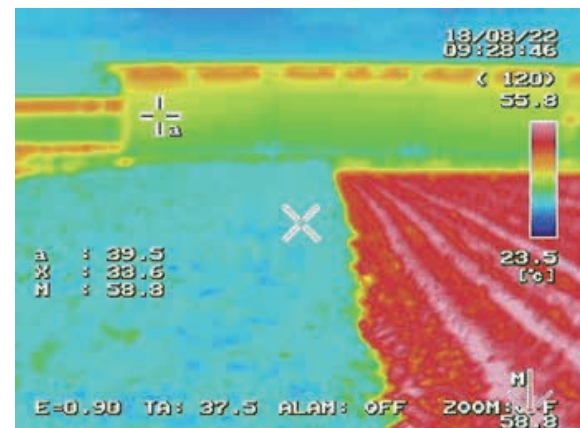
①Buckwheat



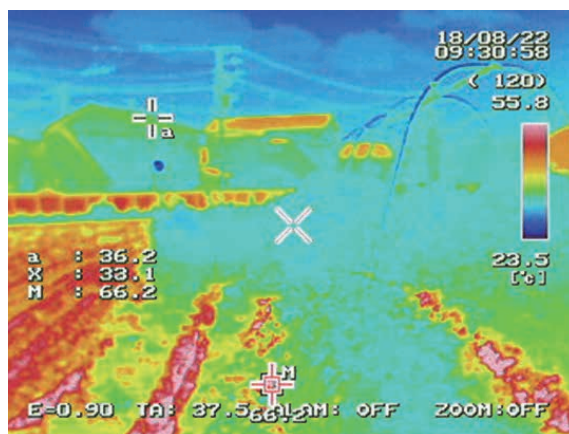
②Weeds



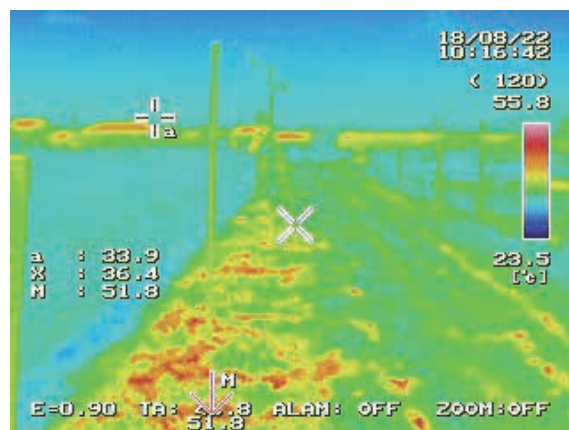
③Corn



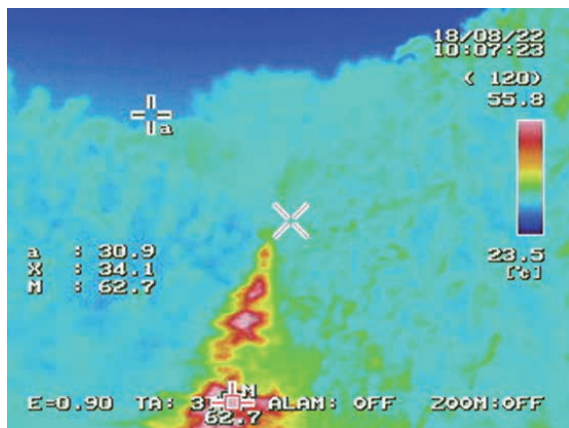
④Sweet Potatoes



⑤Tomato



⑥Rice plant



⑦Mulberry

Fig. 9 Several farm products (①～⑦) at the Tanashi Farm

度差が認められる。8月の観測結果では西東京市全体の平均温度より低い、主要な4クラスの農地でも温度差が認められた。生産緑地の持つ役割の一つにヒートアイランド現象の緩和効果があり、より効果的な作物を明らかにすることができた。

の緑地は良好な都市環境を保持するのに大きな役割を担っており、生産緑地もその一つである。生産緑地の果たしている役割の重要性を明らかにすることで生産緑地法に対する対応を熟考する一資料となるものと期待している。

7. 結び

生産緑地法が期限を迎える2022年には都市域の多くの農地が宅地化する可能性が指摘されている。市街地内

参考文献

- 1) 電子政府の総合窓口：生産緑地法, 2019/12/1, <https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/>

- elaws_search/lsg0500/detail?lawId=349AC0000000068.
- 2) 国土交通省 都市局：生産力津法等の改正について, 2019/12/ 1, <https://www.mlit.go.jp/common/001198169.pdf>.
- 3) 田野 宏：生産緑地法のゆくえと2022年問題, 2019/12/10, https://www.cuc.ac.jp/om_miraitimes/column/ebuil400000009dp.html.
- 4) 東京都都市整備局：みどりの新戦略ガイドライン, 2019/12/ 1, https://www.toshiseibi.metro.tokyo.lg.jp/kiban/midori_guideline/topi033-08.pdf.
- 5) (一財) リモート・センシング技術センター：衛星総覧 Sentinel-2, 2019/12/1, <https://www.restec.or.jp/satellite/sentinel-2-a-2-b>.
- 6) JAXA：だいち (ALOS), 2019/12/ 1, <http://www.satnavi.jaxa.jp/project/alos/>.
- 7) USGS: Landsat Missions, 2019/12/ 1, <https://www.usgs.gov/>.
- 8) 西東京市：西東京市と農業が共生するまちづくりモデルプラン, 2019/12/ 1, <http://www.sangyo-rodo.metro.tokyo.jp/nourin/pdf/machidukuri/2modelplan/04nishitokyo-plan.pdf>.
- 9) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林：田無演習林, 2019/12/ 1, <http://www.ufa.u-tokyo.ac.jp/tanashi/index.html>.
- 10) 国土交通省：公園と緑, 2019/12/ 1, <https://www.mlit.go.jp/crd/park/shisaku/ryokuchi/seisan/>.
- 11) 福島他：衛星画像による農地の抽出と温度観測. 日本リモートセンシング学会第64回学術講演会論文集, (2018) 153-154.
- 12) 内田他：東大田無農場における作物と表面温度の観測. 日本リモートセンシング学会第65回学術講演会論文集, (2018), 153-154.
- 13) 橋田他：農地のヒートアイランド緩和効果に関する研究. 2018年度日本建築学会大会, (2018), 4-6.

(R 2 . 1 . 23 受理)

Biographical Sketches of the Authors



Shoko Hashida was born in Tokyo Japan in 1964.

She received M. Eng. from Tokyo Metropolitan University in 2002 and received Ph.D. from Meiji University in 2006. Her major research topics were utilization of the use of urban greenery, which is enriched by increasing the number of fields and street trees that grow vegetables and fruit trees in cities, and improving the environment surrounding the people who live. In the city, she wants to incorporate food cultivation into her daily life. In particular, it focuses on sweet potatoes such as pumpkins and cherry tomatoes. These are very effective in mitigating the thermal environment and increasing food self-sufficiency, and are easily processed into stockpiled food. To date, she has conducted cultivation experiments on college farm fields and compared yields. Reasently, She works in and focuses on the healing effects of the water and greenery of the Imperial Palace. She is a member of the Architectural Institute of Japan and the Society for Horticultural Science.



Yuuki Uchida was born in Chiba Prefecture, Japan in 1989.

He received M. Eng. from College of Industrial Technology, Nihon University in 2013 and Ph.D. in 2019. He has been a member of the Nihon University faculty since 2014, and one of the professional analysts of NU Remote Sensing. He has led interdisciplinary studies in two areas: one addresses civil engineering and, the other, the integration of urban heat environmental science using remote sensing with image processing. He is a certified member of the Japan Society of Civil Engineers, the Remote Sensing Society of Japan, and the Center for Environmental Information Science. In remote sensing, he specializes in optics sensor analysis, urban heat environments, and remote sensing in order to ascertain various primary factors contributing to the formation of heat island phenomenon in the major cities of Japan.



Toshiro Sugimura was born in Tokyo Japan in 1955.

He received his Ph.D. from Research Institute of Science and Technology, Nihon University in 1993. He has been working for Remote Sensing Technology Center of Japan (RESTEC) from 1980 to 2014. While he has been working at the research and development department of RESTEC, his major research topics were image processing and application study using high resolution satellite images. He is a member of Japan Society of Civil Engineers, The Remote Sensing Society of Japan, Japan Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Heat Island Institute International and Japanese Society of Coastal Forest.