

衛星画像を利用した地表面情報の解析について

佐藤 悟

Analysis of Ground Surface Informations Using Satellite Image Data

Satoru SATO

(平成21年11月27日受理)

Remote sensing is one of the most useful method which evaluate many environmental and global informations. In this report, it applied NOAA AVHRR and LANDSAT TM images for analyzing some ground surface informations, such as land use change in Akita City and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Additionally, this report classified the histograms which appear in cloud, snow, sea and land area, and reported the characteristics of the heat response using actual atmospheric and infrared temperature.

1. はじめに

近年、日常用語となりつつあるリモートセンシング (Remote Sensing) は、LandsatやNOAAに代表される地球観測衛星を利用した資源探査や気象予報など、私たちの生活において広く利用されている。この背景には衛星と各種センサーの性能向上、データ処理・解析技法の進歩があり、その結果、リモートセンシングは自然現象の監視および予報、海洋分野における海面推移、汚濁状況、植物プランクトンの分布状況調査、土木工学分野におけるダムの設計・計画、その他資源探査・土地利用調査など、実に多くの分野で利用されるに至った。衛星画像データには多くの有益な情報が含まれ、その利用には無限の可能性があると言えよう。いまやグローバルな地球環境時代を迎え、このようなリモートセンシングの重要性は、ますます大きなものになりつつある。

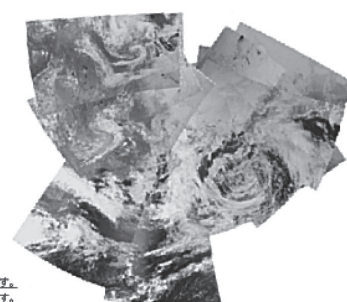
現在、一般に民生利用可能な衛星画像データにはLandsat, NOAAの他にもMOSI, SPOT, ひまわり (GMS), 資源探査衛星EERS, JERSなど非常に多くの種類があり、それぞれの記録フォーマット、観測波長帯には多くのバリエーションがある。ここでは身近なパーソナルコンピュータを用い、主にLandsatとNOAA衛星画像を対象に、画像解析による地表面の環境情報の抽出と評価、ならびに各種画像の特徴や地表面温度について評価した。

2. 衛星画像の特徴

2.1 NOAA

東北大学では1988年よりNOAA衛星画像データベースの整備を進め、東北大学ノア画像データベース (<http://asiadb.cneas.tohoku.ac.jp/>) として一般利用を認めている。図-1はそのスナップショットである。本データベースでは、およそ毎日午前7時頃のNOAA偶数号と昼頃のNOAA奇数号から送信されるAVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) を用い、東アジア全域をそれぞれ約

- [日本画像データベース\(JAIDAS\)](#)
- [シベリア画像データベース](#)
- [モンゴル画像データベース](#)
- [アラスカ画像データベース](#)
- [中国画像データベース](#)
- [コリア画像データベース](#)
- [トピックス](#)



最新の衛星画像はこちらで観覧いただけます。
過去の衛星画像はこちらで観覧いただけます。



Copyright (C) 2001,2002,2003,2004 東北大学東北アジア研究センター All Rights Reserved noas@cneas.tohoku.ac.jp

本データベースは、平成13年度科学研究費補助金(研究経費公開促進費)の交付を受けて構築されています。
本データベースは、平成14年度科学研究費補助金(研究経費公開促進費)の交付を受けて構築されています。
本データベースは、平成15年度科学研究費補助金(研究経費公開促進費)の交付を受けて構築されています。
本データベースは、平成16年度科学研究費補助金(研究経費公開促進費)の交付を受けて構築されています。

図-1 東北大学ノア画像データベース

1000km * 1000kmの範囲で、主に可視画像～熱赤外画像を対象に、全5つのChannel画像を公開している。このデータベースの中で特に日本を扱うものはJAIDAS (Japan Image Database) と呼ばれ、1990年4月以降のデータが、ほぼ毎日の間隔でインターネット回線を通じ入手可能である。画像データは1シーンが1024 * 1024画素で構成され、その分解能は約1.1kmである。ここでNOAAとは、アメリカ海洋大気庁 (NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration) によって運用されている第3世代の気象観測衛星であり、気象業務を主な利用目的として、常時2つの衛星 (現在は11号と12号が稼動中) が運用されている。

2.2 Landsat

Landsatは地球の資源についての総観的なデータを電送するため、1988年に初めて打ち上げられた衛星である。その特徴はLandsat 1～5号までには分解能83mのMSS (多波長可視近赤外画像放射計) を、同様に4～5, 7号には分解能30mのTM (新型多波長可視赤外画像放射計) を搭載したことであり、現在まで非常に重要な役割を担ってきた地球観測衛星の一つである。同衛星からは観測波長帯別にBand 1～7までの画像が提供され、その入手には国内外の研究機関を利用した有償なもの、無償なものでは一例として、米国メリーランド大学において広く公開されているGLCF (Global Land Cover Facility) (http://glcfapp.umiaccs.umd.edu/) があり、図-2はそのスナップショットである。画像を構成する情報の特徴から、NOAAでは広域的な事象を、Landsatでは局所的な事象を扱う場合が多い。

3. 衛星画像処理の実例

3.1 植生指標

植生指標 (NDVI) とは、植物の葉が一般に可視域において低い反射を示し、逆に近赤外域で高い特

性を利用して算出された植物の活性度を示す一指標であり、以下の正規化された式で表現することができる。

$$NDVI = (R_{nir} - R_{vis}) / (R_{nir} + R_{vis})$$

ここでR_{nir}は近赤外バンド、またR_{vis}は可視バンドのデジタルナンバーである。通常NOAAの場合にはそれぞれChannel-2と1を、Landsatの場合にはBand 4と3を割り当てる場合が多い。

図-3では、2003年度のNOAA東日本画像について、それぞれ4, 6, 9, 11月の植生指標を計算し、活性度の高い領域を強調して画像処理した。気温や日射量と密接に関連する植物の通年変化の状況と、東日本内におけるその分布状況が明瞭に示されている。

図-4は、Landsat画像を利用し1984/10/10と1992/09/14の秋田市周辺のNDVI値を画像処理・比較したものである。右に示した9月中旬の秋田市周辺部には、まだ黄化しない状態の稲を湛えた水田が広がり、一部刈り入れが進んだ左の10月中旬の画像と比較して植物活性の高い領域が多いことが分か



図-2 Landsat画像データベース (GLCF)

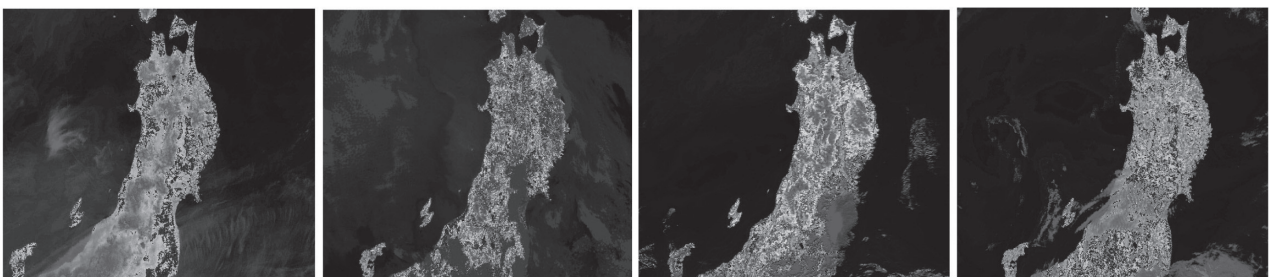
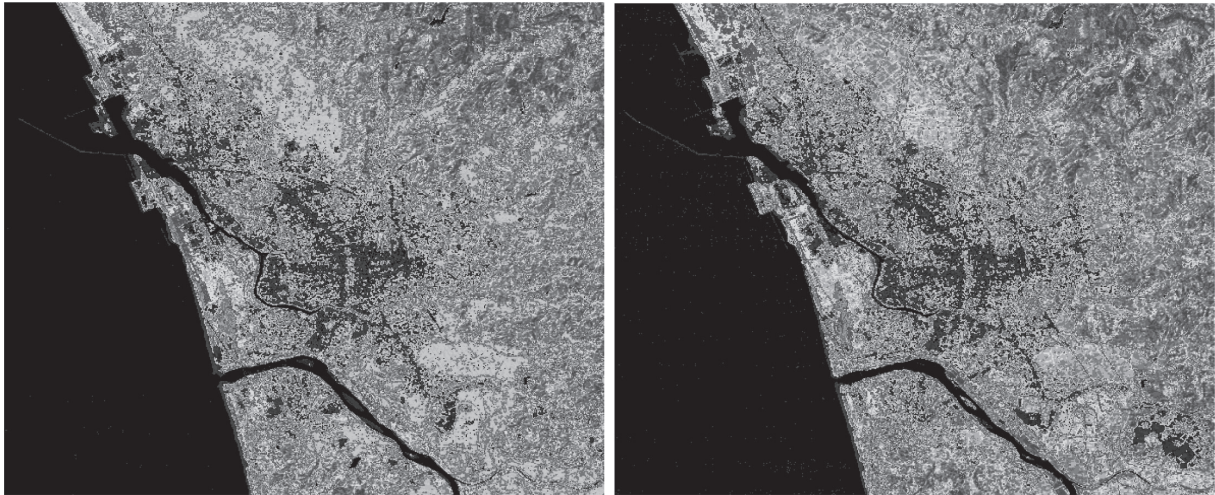


図-3 東日本NDVIの通年変化



1984/10/10

1992/9/14

図-4 秋田市周辺のNDVI変化

る。またこの8年間に新たに造成された新興住宅地（御所野団地）が、1992年度の画像右下にNDVI値の低い領域として出現している。

3.2 煙霧による環境汚染

日本列島は常時西北西からの強い偏西風の影響を受けている。そのため、近年中国や朝鮮半島から運ばれる大気汚染物質と、それに起因する酸性雨が大きな社会問題となっている。2003年5月には、福島県から北海道にかけての北日本各地で、22日朝から空がかすみ、無雲にもかかわらず日照時間が大

幅に減少したが、これについて後日、気象庁よりシベリアで発生した大規模な森林火災の煙が日本上空に飛来したためとの発表がなされた。図-5は、同年5月22日のNOAA可視画像による東日本の状況であるが、日本海方向より煙状物質が流れ込む様子が確認できる。

図-6には、同月7日のバイカル湖周辺の状況を、NOAA画像Channel 1（可視画像）と、高温体からの熱赤外線波長帯を観測するChannel 3において、300℃以上の領域を赤く着色したものを合成して示した。多数の火元からたなびく煙が確認できるが、日本列島の大きさに匹敵するバイカル湖からも非常に大規模な森林火災であったことが考察できる。

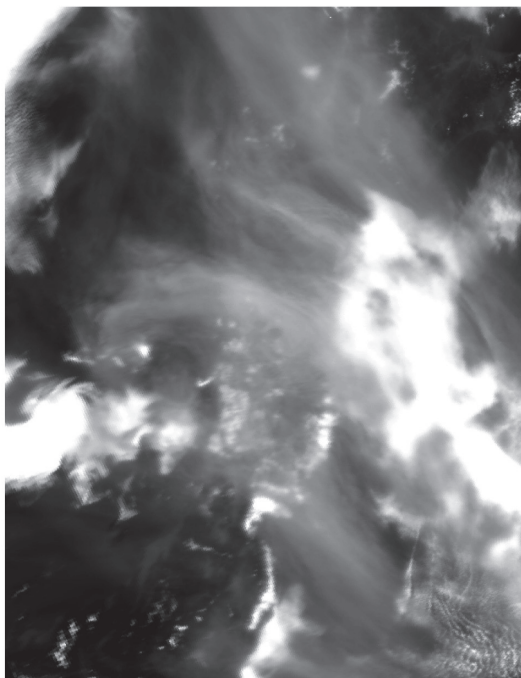


図-5 東日本を覆う煙霧

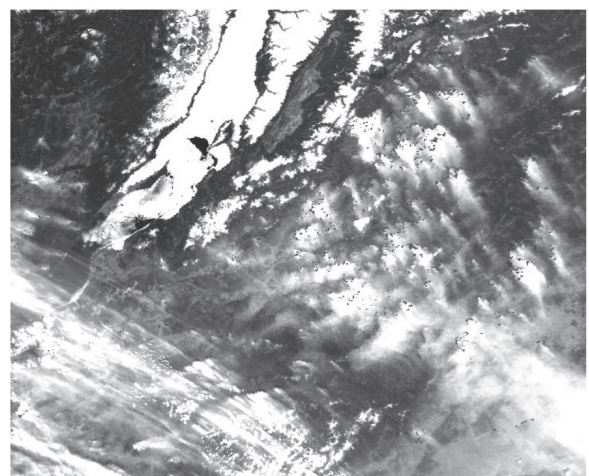


図-6 バイカル湖周辺の大規模森林火災

3.3 水系の汚濁

リモートセンシングは、特に広大な対象物を観測

するに適した手法である。この特徴は特に水系など、その調査に困難と費用を伴うものに有効である。ここでクロロフィルを含む植物プランクトンの分光吸収特性は、特に440nm付近に強い吸収があることが知られている。この特徴を利用して、Landsat画像ではBand 1とBand 2、またはBand 1とBand 3によるチャンネル間演算を行うことで水中のクロロフィル濃度を推定することが行われている。

本県の代表的な閉鎖性水域として田沢湖と大潟村残存湖の2つがあげられる。前者は急激な観光開発により、また後者は近隣から流入する河川による汚濁負荷量の増大に伴い、近年水質の悪化が著しい状況が報告されている。

図-7は、1992年9月におけるBand 1とBand 3による画像間演算結果から得た田沢湖のクロロフィル分布と、可視画像としてのTrue Color画像を合成したものである。これによると、ホテルなどの観光施設が集中する湖北東部の同濃度は高く、間接的ではあるが栄養塩濃度の高い状況が推定できる。田沢湖は流入河川も少なく、かつ滞留時間が長い水域であり、現在もお適切な汚濁対策が求められている。なお、この解析画像を得るまでに必要な操作と時間は極めて容易かつ短時間であり、リモートセンシング技術の簡便性と有効性を示す好適な例といえる。

4. 衛星画像のカテゴリー分類

4.1 目的と背景

NOAAに代表されるような即時性を有する衛星画像は、比較的短期に大量のデータが提供され、その後研究者独自のデータベースの中に蓄積され利用される場合が多い。その時々々の研究目的に応じて、必要なシーンを取り出すためには予め適切な判断基準を持って分類し、必要な情報を抽出するに容易な形態で管理する必要が生じる。画像情報とは様々な情報が混在したものであり、従来の実験結果が単純に単一数値の羅列として管理される性格を持つものに対し、衛星画像情報はその画像である2次元(pixel×line)情報に加え、複数の多バンド画像(Channel 1~5)も考慮された3次元情報であることを考慮しなければならないなど、その管理はきわめて複雑である。ここで最も単純な分類方法は、画像のサムネールを予め作成し、目視により判断・選択するものであるが、蓄積された画像データ数が極端に多い場合、それにより生じる労力の問題と、選

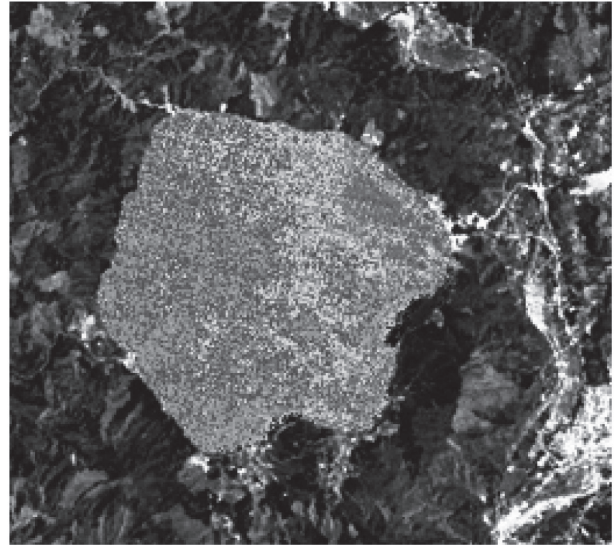


図-7 田沢湖におけるクロロフィル分布

択へ利用者の主観が入り込む危険性が生じる。

このような背景のもと、ここでは画像中に現れる対象物、ここでは海、陸、雲、雪のそれぞれのカテゴリーの特徴について、その周期性や基本的な傾向を取り上げ、今後分類を行うための基本資料とした。

4.2 分類結果

解析に使用したデータは、JAIDASよりダウンロードした東日本NOAA画像の中から、極端に雲量が多くないもので比較的 surfaces が確認できるものとし、1996年度は54シーン、1997年度は51シーン、1998年度は78シーンの合計183シーンである。また利用するスペクトル画像には可視画像に最も近く、また多少の霧等を透過する赤外線特性が反映されたChannel 2を選択した。解析方法は1次元ヒストグラムを全データに適用し、その時系列変化を求めた。

これらの結果はそれぞれ時系列的に集計され、その挙動を図-8に示した。これによると年間変動では海域が最も小さく、その値も約20前後と小さい。また雲域も変動は小さく、その値は約240前後と比較的安定しているが、夏期において僅かながら数値が増加するなど、地表面と類似した変動パターンも現れるようである。雪域では今回検証を行うためのデータ数が十分ではなかったものの、ほぼ画素値で200前後を中心に変動し、1シーンに見られる分布幅も比較的広いことが特徴であった。これは積雪面の反射が斜面の傾斜に大きく影響を受けること、さらには雪質の違いや融雪初期に見られる積雪表面

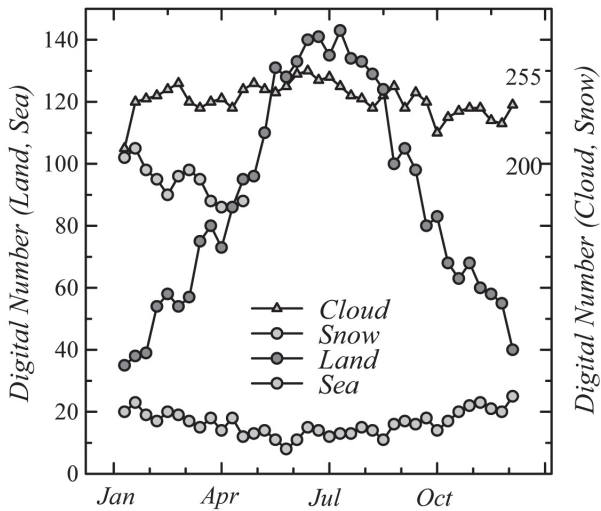


図-8 地被対象物の輝度特性

の汚れなどが原因として考えられる。陸域においては年間を通じ明瞭な変動パターンが現れたが、これは太陽光の変動が間接的に現れたものと推察された。このようにそれぞれのカテゴリには特徴的な傾向が認められた。今後さらに多くのシーンについて同様な検証を行うことで、衛星画像中に現れるカテゴリの分類に有益な情報になるものと思われる。

5. 地表面の熱放射特性

近年のさまざまな環境問題では、温度に係る事例を取り上げるものが多い。この計測方法には種々のものがあり、それぞれには長所と短所がある。リモートセンシングもその一手法であり、計測が面源で行えることが大きな長所である。しかし観測値が地表面からの熱赤外線量であり、通常の大気温度を示すものではないことに留意する必要がある。

ここではNOAA衛星画像を利用し、秋田県内を中心とする各都市において、Channel 4による地表面からの熱放射量を温度に換算したものを主体に、Channel 2による地表面反射率（アルベド値）、さらにはアメダスにより実際に地表面付近で観測された各種大気温度との関連について考察する。

5.1 地表面温度と反射率

地表面温度と反射率をプロットした場合、一般に両者には線形関係が認められる場合が多い。両者の関係を線形近似した際に表れる切片と傾きは、対象とする地表面の状況により大きく異なり、これらを利用した対象地域の熱応答特性について検討する。

図-9は、2003年6月の複数日における秋田市、東京都、仙台市の各都市において、それぞれの街地市中心部における地表面温度と反射率の関係を比較したものである。図に現れるように、東京都など相対的に低緯度に位置する都市ほど地表面温度は高く、これには回帰式中の切片値でその評価が可能である。またこの値には、地域から放射される熱量の大きさも影響する。次に傾きについては、対象とする領域内の地温分布に大きな隔たりがない程その値は小さく、この場合回帰式は水平に近いものとなる。以上よりこの図から判断できることは、東京都においては他の都市と比較した場合、高い地温分布が比較的均一に分布すること、また仙台市と秋田市においては地温分布の状況は類似するものの、地温については仙台市が高いことが分かる。

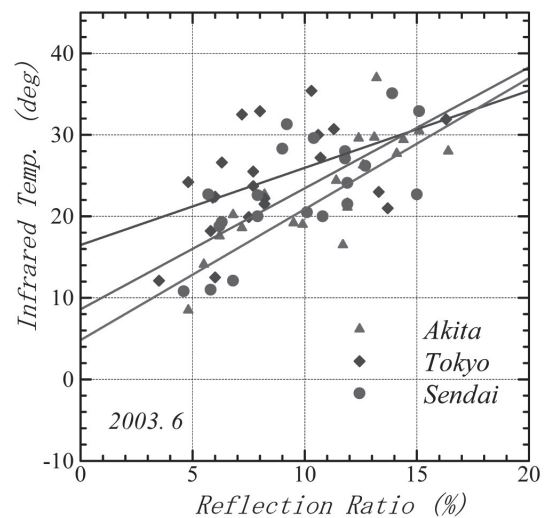


図-9 気温と熱赤外線温度の比較

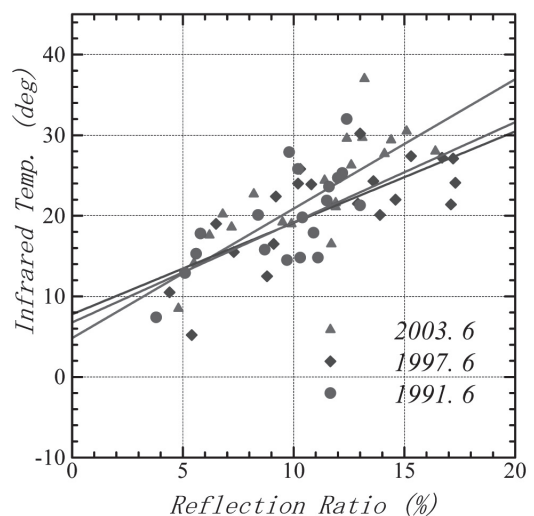


図-10 気温と熱赤外線温度の関係（秋田市）

次に図-10は、秋田市において1991年、1997年、2003年6月の状況を、同様な手法で比較したものである。この12年間に特に大きな切片値の変化は認められないが、2003年度における傾きの変化が特徴的である。観測年による気象条件の影響もあるが、この傾きの変化は、過去に存在しない地温の高い領域が出現したためと考察できる。

5.2 気温との関係

ヒートアイランド現象とは、人間活動が集中する地域において、環境中へ放出される熱量が放散されるものを大きく超えた場合に生じやすい。これには植生や地覆状況に加え、産業構成や地形状況も大きく関係すると言われる。また一般に最低気温が低い地方で観察されやすいとされ、リモートセンシングにより計測される地表面温度と実際に現地を観測さ

れる気温との間には有意な関係が予測される。

図-11は縦軸にアメダスによる最低気温を、横軸には熱赤外線温度をとり、1990年から1996年までの6年間について秋田県内の2都市（秋田市、男鹿市）についてその推移を比較したものである。なお男鹿市は秋田市の約1/10の人口を有する小都市である。

これによると、秋田市と比較した場合、両者がなす傾きは男鹿市において大きく、さらに年度と共に徐々にではあるが変化の様子が認められる。同様な傾向は他の県内小都市（横手市、大湯村他）でも同様であった。なお、ここで用いた諸量は切片値と共に対象地域における温度上昇の幅、あるいは変化量を間接的に示すものと解釈でき、ヒートアイランドの状況を評価できる一指標と考える。

6. さいごに

本報告ではNOAAとLandsat衛星画像を用い、多くの環境問題を評価する上での可能性について、様々な観点と手法を用いて検討、報告した。衛星画像にはこの他にも多くの種類と特徴があり、それらを適宜組み合わせることにより、さらに多くの事例について評価が可能と思われ、今後さらにその手法を確立していくことが期待されよう。

参考文献

- 1) 高木幹雄・下田陽久監修:画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, 1991
- 2) 日本リモートセンシング研究会編:図解リモートセンシング, 日本測量協会
- 3) 作野裕司・本井裕志他:衛星光学センサを用いた汽水域のクロロフィル濃度推定の可能性 LAGUNA (汽水研究) 9, pp.55-61, 2002
- 4) 沖 一雄・安岡善文・田村正行:高濃度水域における水質リモートセンシング, 日本リモートセンシング学会誌 21-5, pp.449-457, 2001
- 5) 工藤純一・根元義章・野口正一:気象衛星ノアから得られるマルチスペクトル画像の同時解析方法, 情報処理学会誌, Vol.33, No.7, 1992
- 6) 澤本正樹:気象ポテンシャル評価における衛星画像データベース支援システムの開発, 平成6年度科学研究費補助金研究成果報告書, 1995
- 7) 高島 勉他:近赤外域における大気~地表面系放射伝達~その応用と利用, 日本リモートセンシング学会誌, 20, 491, 2000

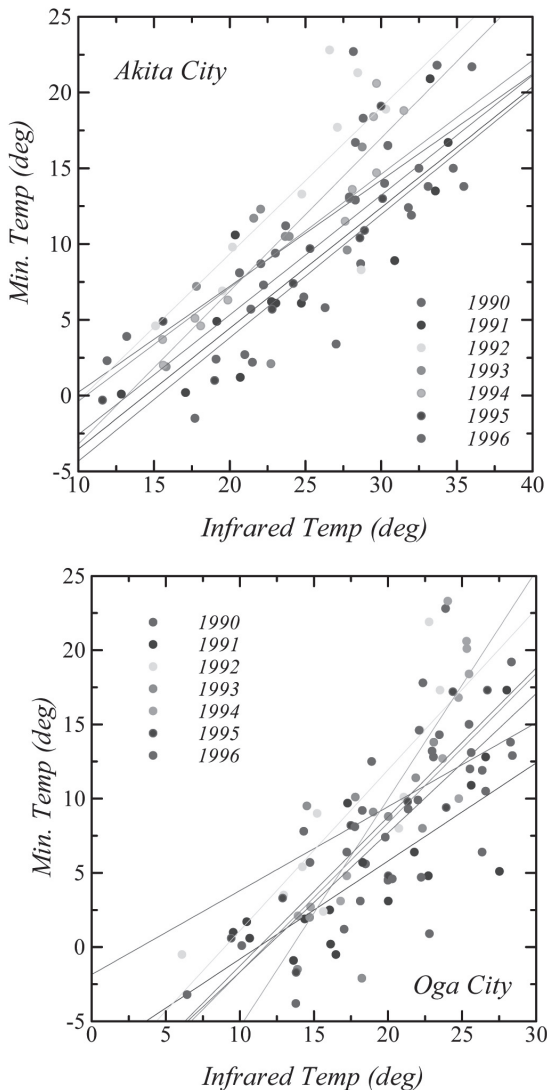


図-11 熱赤外線温度に見るヒートアイランド現象