

衛星リモートセンシングによるハウステンボスの環境解析

野中 陽一*・立入 郁**・後藤恵之輔*

Environmental Analysis of the Huis Ten Bosch
by Satellite Remote Sensing

by

Yoichi NONAKA*, Kaoru TACHIIRI** and Keinosuke GOTOH*

The Huis Ten Bosch, a conceived park located in the southern part of Sasebo City, has attempted to create an environmental city. In this study, we analyzed the ground surface temperature around the HTB and the sea surface temperature of the Ohmura Bay adjacent to the HTB by using satellite remote sensing analysis of Landsat/TM data. The ground surface temperature in the year of 2000 returned to the almost same level as before construction of the HTB except for parking area by efforts such as tree planting. The sea surface temperature has not changed remarkably after construction of the HTB.

1. はじめに

国土の周囲を海に囲まれているわが国において、臨海部は常に開発の対象となってきた。特に戦後の高度経済成長期には、安く大量に原料を輸入し、国内で加工し、再びそれを広く国外へ輸送する拠点として臨海部が利用された。わが国の戦後の急成長を支えてきたのも、まさにウォーターフロントであった。

しかし近代文明の発展に伴い、都市の重要な要素であった水を閉じ込め、気候風土と文化を無視した街づくりが進められてきた結果、都市が非人間的で潤いのない空間になったばかりではなく、地球環境に重大な負荷をかけることになった。今日、アジア諸国をはじめ発展途上国が急速な都市化の過程にあることを考えたとき、エコロジカルな新しい都市像を追求することは、きわめて重大な課題となっている。

「水辺の街」を再びつくり出すことにより、自然の多様な様相と都市の関係を再認識し、そのことによって都市環境の今後のあり方を考えることができる。

そこで本研究では、これまでのような、環境を考慮しない都市計画に対して、これからの都市計画が目指すべき環境調和型の都市開発が早くから行われた場所

の一つとして、佐世保市のハウステンボス（HTB）に着目し、衛星リモートセンシングを用いて解析を行った。

2. ハウステンボスの概要

2.1 ハウステンボスの歴史¹⁾

ハウステンボスは、長崎県佐世保市の南にある針尾島に位置する、年間約400万人もの観光客で賑う西日本最大のテーマパークであり、総面積は約152haである。

HTB 建設の計画は1985年1月スタートし、1988年10月に基盤整備工事に着工、1992年3月にオープンを迎えた。その開発計画はそれまでの自然破壊型とは異なるもので、壊された自然を蘇らせ、護り育てることを第一の目的としている。オランダの文化や江戸の思想から学んだという取り組みは、大村湾に囲まれた地形を生かした環境保護（エコロジー）と経済活動（エコノミー）の調和を目指している。

「ハウステンボス (Huis Ten Bosch)」とは、オランダ語で「森の家」という意味であり、その名前には、工業用地として埋め立てられた不毛の土地を緑豊かな土

平成14年10月25日受理

*大学院生産科学研究科 (Graduate School of Science and Technology)

**社会開発工学科 (Department of Civil Engineering)

地に生まれ変わらせよう、との願いが込められている。

2.2 ハウステンボスの環境への取り組み

1) 水環境²⁾

HTB が面する大村湾は、外海である佐世保湾の入り口に針尾島がちょうど蓋をするように位置している、奥行きが深い閉鎖海域である。その大村湾と繋がっている HTB の運河は、「運河を汚さない＝大村湾を汚さない」という共存の考え方で成り立っている。大村湾の海水を引き込んだ運河は、幅約30メートルで、圍の街並を約6kmにわたって這うように走っており、流れる海水は1日27万トンにも及ぶ。また、運河の流れをよくするために、平均70センチという湾の潮位差を利用している。水際は石積・レンガ積による微生物浄化作用、すなわち食物連鎖による自然の水質浄化が行われており、運河に生息しているのが確認された魚介や海藻類は58種にも及ぶ。

2) 緑・土壌環境³⁾

工事着手前、HTB 側が1988年10月に本敷地と周辺の現存植生の調査を行った結果は、いかにその土地が荒廃しているかを示していた。20年近くも放置されていた埋立地には全体的に排水性、保水性とも乏しく、そのままでは通常の植栽は不可能な状態であった。

HTB 建設の際の土壌改良は、この地域の本来の自然環境を可能な限り再生させるとの思想のもとに、化学薬品や化学肥料の使用を一切禁じ、ヘドロを取り除き、有機的な方法をとった。1メートルの深さまでの土壌を、膨大な量の良土、堆肥、ピートモスによって徹底的な入れ替えを行った。また、敷地西北に標高30mの小さい丘があり、わずかに自然植生に近い樹林が残されており、これを既存緑地として保存した。

新規植栽地には、オランダの雰囲気伝えるとともに、計画地を取り囲む自然植生に近い丘陵斜面の緑地と調和することに注意を払って、40万本の苗木の植栽を行った。周辺の緩衝緑地には、この地域の潜在自然植栽であるタブ、クス等の高木層、ヤブツバキ、アオキ等の低木層を植栽した。市街地の街路樹には、中部ヨーロッパの雰囲気伝えるながらも、ここの土地条件にも適応するフウ、アキニレ、トチノキ、カツラなどが選定された。市街地と外周緩衝緑地との中間地は、常緑樹と落葉樹の混合林とし、落葉や花木の彩りによって季節感が楽しめるようになった。

その結果、敷地の6割を緑が占め、その種類は約200種類、数は約40万本と緑が極めて多い環境となった。

3. 解析方法

今回行った解析には、地球観測衛星 LANDSAT 5 号の TM センサを用いた。

LANDSAT は16日間で全地球の観測を終了し、17日目に同じ地点の上空に戻る。TM センサは可視光域から赤外域の波長域にバンド1からバンド7までの7つの波長帯を持つ。空間解像度は30m（熱赤外域の波長帯を持つバンド6のみ120m）となっている。

3.1 解析対象地

本研究で対象とした解析地域として、地表面温度の解析対象地域を画像1に、海表面温度の解析対象地域を画像2にそれぞれ示す。

3.2 地表面放射温度の推定

表1に地表面温度の解析に用いた衛星画像の観測年月日を示す。使用したデータには幾何補正を施してある。地表面放射温度を求めるには、式(1)、(2)を用いた⁴⁾。

$$R = \frac{\frac{V}{255} \times (1.896 - 0.1534) + 0.1534}{1.239} \quad \text{———— (1)}$$

$$T = \frac{1.7651 \times 10^{-2} + \sqrt{0.017651^2 - 4 \times 5.1292 \times 10^{-5} \times (1.6023 - R)}}{2 \times 5.1292 \times 10^{-5}} - 273.15 \quad \text{———— (2)}$$

ここに、V：LANDSAT/TM のバンド6の CCT 値

R：絶対放射輝度 (mw/cm² sr)

T：地表面放射温度 (℃)

3.3 海表面温度の測定

海表面温度の解析に用いたデータは、地表面温度の解析に用いた衛星画像の観測年月日と同じである。各画像データには幾何補正を施しており、以下に示す大村湾のモデル式⁶⁾を用いて海表面温度 (SST) を求めた。

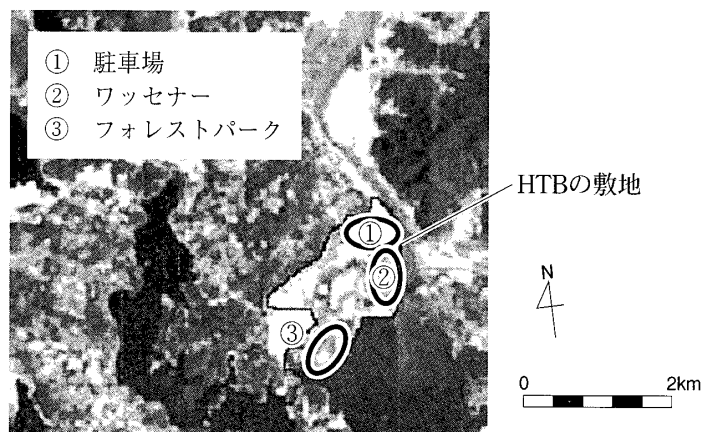
$$\text{SST (℃)} = 0.3094 \times \text{TIR} - 21.6972$$

(春：3～5月)

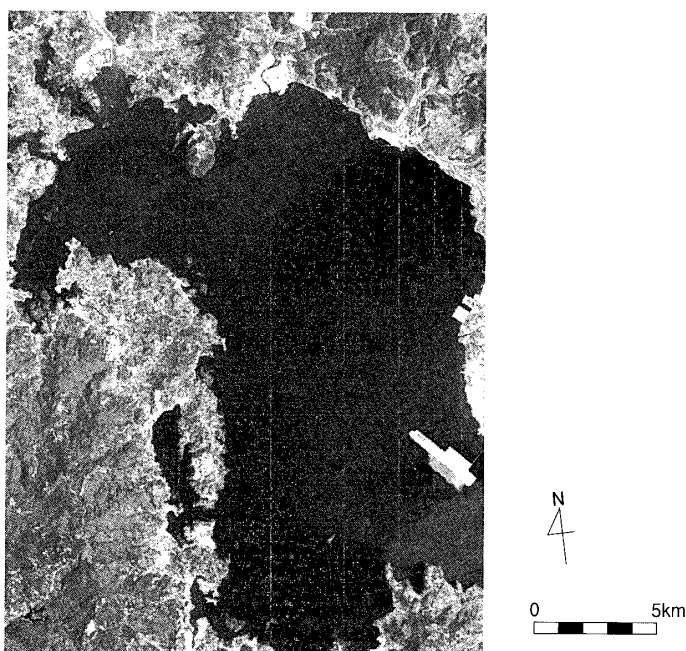
ここに、TIR：LANDSAT/TM のバンド6の CCT 値

表1 地表面温度の解析に用いた衛星画像

観測日	観測時刻	雲量(%)
1987/5/15	10:17:30AM	10
1992/5/12	10:17:20AM	10
1995/5/15	10:01:40AM	0
1997/4/24	10:21:10AM	0
2000/5/2	10:29:00AM	40
(Path-Row はともに113-37)		



画像1 地表面温度解析対象地域



画像2 海表面温度解析対象地域

図1 HTB 周辺地図⁵⁾

4. 解析結果

4.1 地表面温度

地表面温度分布の変化を画像3に示す。

HTB 建設前の温度分布 (画像3(a)) を見ると、全体的に均一に温度が分布しており、周辺の地域より高い値を示している。

建設後の温度分布を見てみると、建設直後の1992年の画像は HTB 内において全体的に温度分布が高くなっていることが分かる。それ以降は一部に温度の高いところも見られるが、基本的には、次第に温度が低くなり、2000年には一部を除きほぼ建設前の水準に戻っている。

建設後は各年とも HTB の北部、西部に温度の高い地域が表れていることが分かる。

全体を通して見てみると、温度の高いところと低いところとの差がはっきりと表れていることが分かる。建物の多いところにおいても駐車場に次ぐ高い値を示している。建設直後は植栽が不十分なため、温度が高くなっていると考えられる。その後、植栽が積極的に行われていることもあり、フォレストパークやワッセナーでは顕著に温度低下傾向が表れている。

4.2 海表面温度

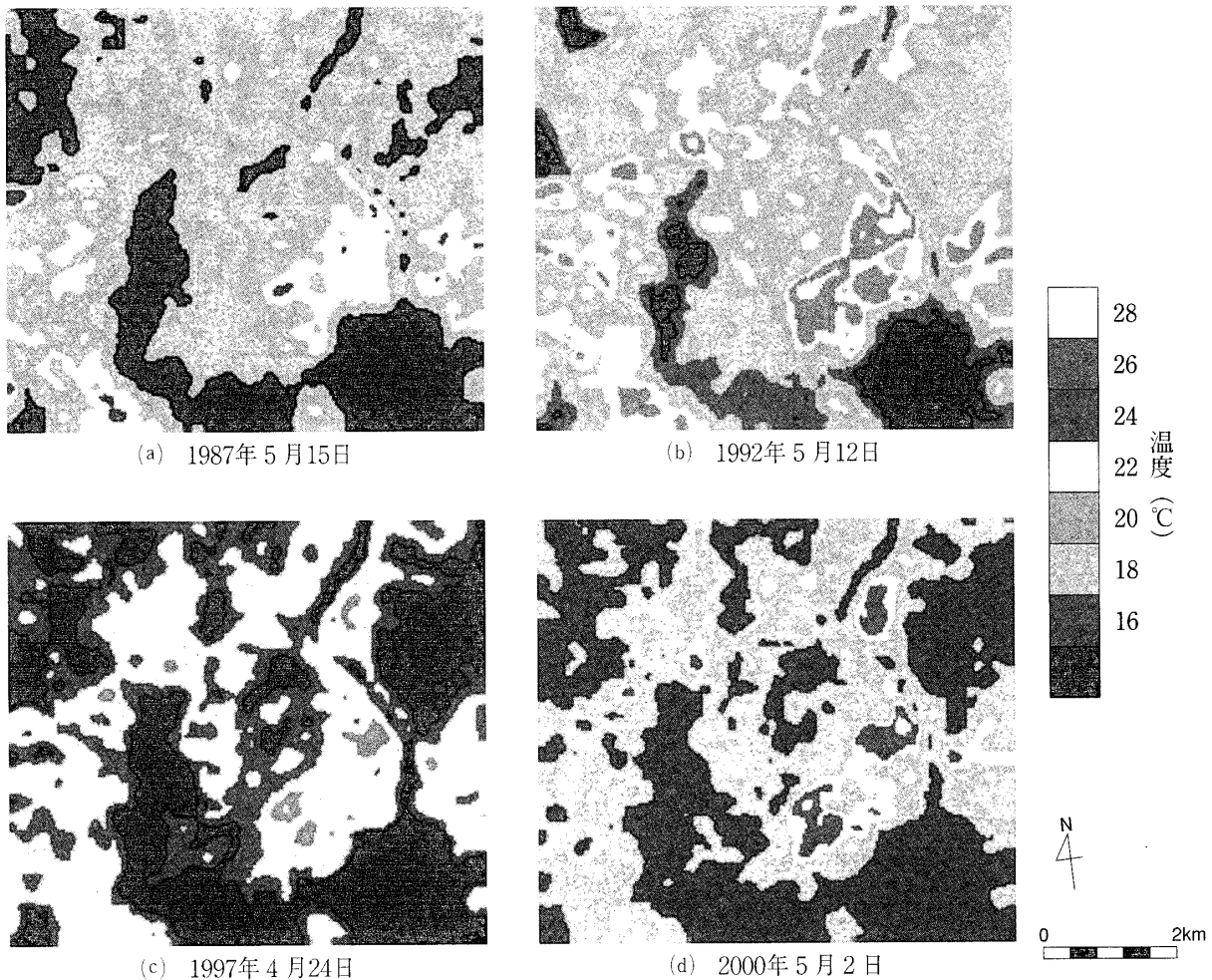
海表面温度の解析結果を画像4に示す。

1987年から1992年にかけて温度が全体的に上昇しており、1997年には温度が大きく下がっている。2000年には、陸に近い所では温度が高くなっているが、陸地から遠い場所ではそれほど上昇は見られない。

5. 考察

はじめに地表面温度に関して見てみると、建設前は温度が同様であったのに対し、建設直後には全体的に温度が高くなり、その後次第に温度が低い個所が表れている。これは HTB 建設直後は植栽が充分ではないため、温度分布は高い値を示しており、植栽が行われていくにつれて、その効果が顕著に表れるようになったと考えられる。

また、HTB の北部、西部に温度の高い地域が表れている。これは北部は駐車場として利用されているため、地表面を覆うアスファルトや、自動車の排気が影響を与えているこ



画像3 HTB 及び周辺の地表面温度分布

とによるのではないかと考えられる。また、西部においては、駐車場や下水処理施設などによって発生する熱が1つの要因と考えられる。

一方、HTB 内で温度分布の低いところは、植栽されている地域のほか、園内を流れる運河とその周辺にも見られる。

次に、大村湾の海面温度（画像4）から、HTB が大村湾の海面温度に与える影響は少ないと考えられる。

1997年、2000年の海面温度が全体的に低い値を示していることに関しては、地表面温度も HTB 周辺の地域が低い温度を示していることから、この観測日が他の年と比較して全体的に温度が低かったことが原因の一つではないかと考えられる。1992年の温度が高かったことも気温の影響が考えられる。しかし、HTB 付近の海面温度はこれらを考慮しても、温度は0.6～0.8℃の間で変化しており、また大村湾内の他の海域と比較しても、顕著な高温化傾向は見られない。

6. まとめ

本研究の衛星リモートセンシングを用いた解析によって、HTB およびその周辺の地表面温度と海面温度の経年的変化を知ることができた。

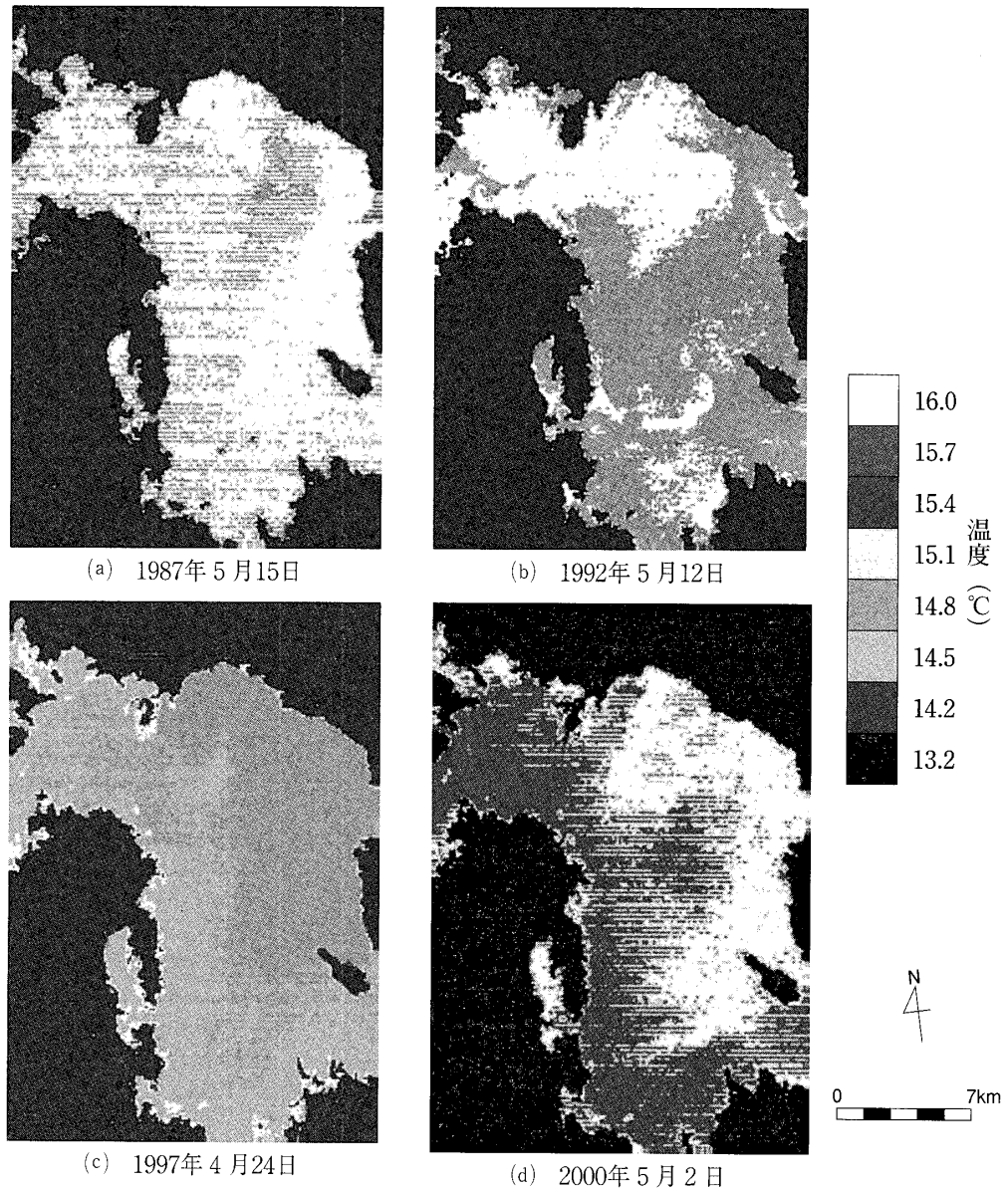
地表面温度の解析結果から、HTB の熱環境改善に対する取り組みは効果が表れているということが分かった。また、海面温度に関しても HTB が大村湾に与える影響はほとんどないということが分かった。

以上のことから、少なくとも熱環境については、HTB では当初のコンセプトどおり、環境に配慮したまちづくりが行われていると言ってよい。

本研究では、衛星リモートセンシングから解析を行ったが、今後は地上リモートセンシングも併用し、さらにデータを蓄積していく予定である。

参 考 文 献

- 1) 池田武邦：ハウステンボス・エコシティーへの挑戦，かがわ出版，pp.28～38，1999. 6.
- 2) 前出1)，pp.40～41.
- 3) 前出1)，pp.38～46.



画像4 海表面温度分布

- 4) 後藤恵之輔, 全 炳徳, 北島安康: 衛星リモートセンシングによる大規模ごみ処分場の維持管理の試み, 長崎大学工学部研究報告, Vol.27, No.49, pp.261~264, 1997. 7.
- 5) <http://www.huistenbosch.co.jp/map/index.html>

- 6) Wouyhuyzen, S: Analysis of the potential utility of remote sensing data acquired from earth observation satellites for monitoring the coastal zone environment, 長崎大学大学院海洋生産科学研究科学学位申請論文, p.91, 1991.