

ランドサットTMデータによる札幌地域における緑地分布の解析

高山 晴 光

1. はじめに

近年、都市化に伴い都市域およびその周辺部で土地利用の変化が生じ、緑地の減少が進んでいる。緑地は人への安らぎを与えるだけでなく、気候を和らげたり、CO₂を減らすなど大気の浄化、保水作用など、その役割は大きい。こうしたことから、緑地の継続的な観察は環境保全や防災の面からも不可欠である。しかし、これまで、こうした調査には膨大な費用、労力、時間を必要とした。

そこで、人工衛星等を用いたリモートセンシング技術の利用が試みられている(大久保ほか, 1996, 古海ほか, 1997)。この利用は、同時に広範囲の土地被覆を周期的かつ継続的に観測でき、労力や経済面からも有効であると思われる。国内での報告は首都圏を対象にしたもの(佐々波ほか, 1988)が多い。本解析では、最近都市化が急速に進んでいる札幌地域における緑地変動をランドサットTMデータにより試みた。

2. 解析法

3 時期のランドサットTMデータを用い札幌地域における土地被覆の分類解析を行い緑地分布図を作成し、その経年変化を調べた。図1は、画像処理のフローである。

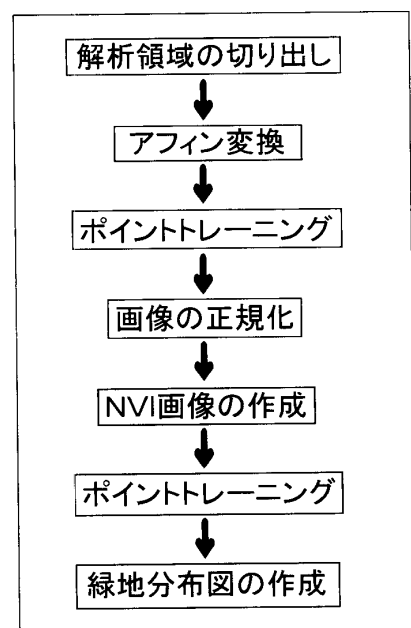


図1 画像処理のフロー

2.1 解析領域

対象とした札幌地域は、北海道の西部石狩平野の南西部に位置する、東経141°13'00"~141°31'00"、北緯42°58'00"~43°12'30"(東西約25km、南北約27km)の範囲である(図2.1, 2.2)。

この地域の南部と西部には山地があり、東に都市化が広がってきており、全国で5番目の大都市となっている。

2.2 使用データ

使用した画像データは、インターネットにより

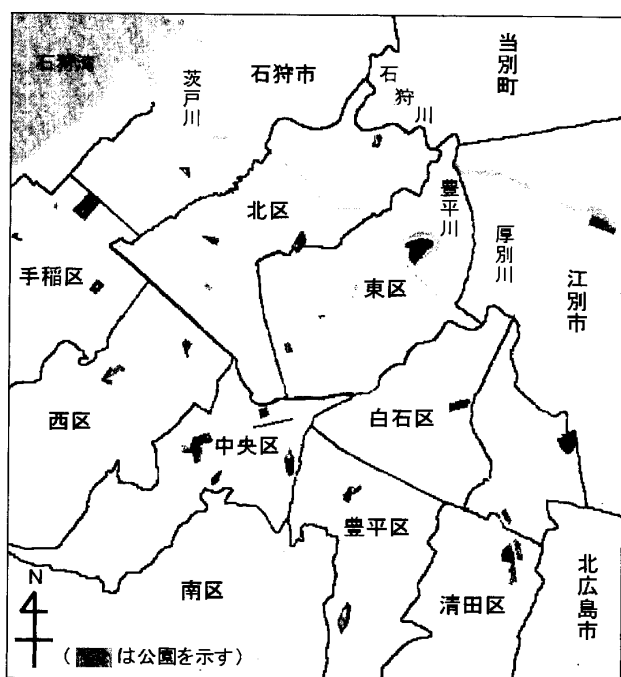


図 2.1 対象地域

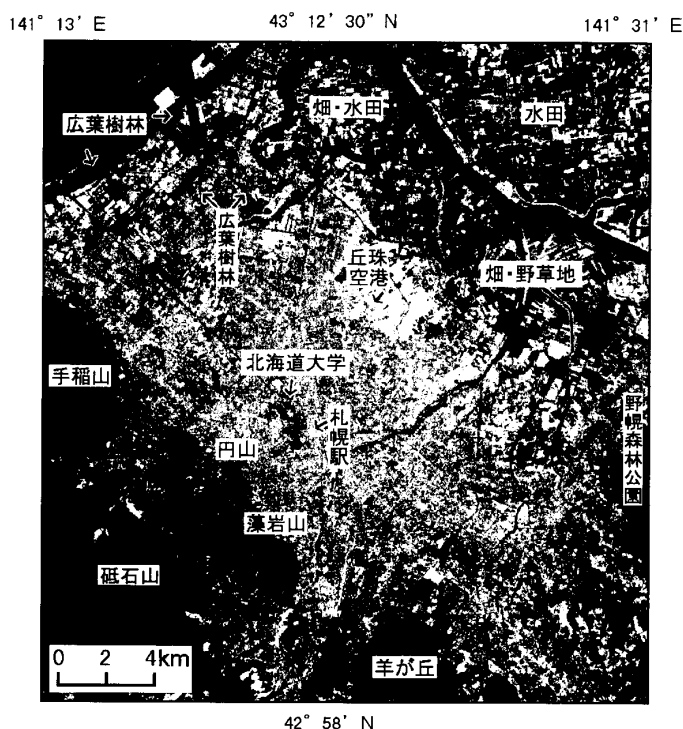


図 2.2 対象地域の TM 画像

NASDA(宇宙開発事業団)の衛星画像データベースで選定し、RESTEC(財団法人リモートセンシング技術センター)より入手したものである(高山, 2001)。これは、CD-ROM版でBSQフォーマット

されており、データはバルク補正(ラジオメトリック補正および幾何補正)されたものである。地図投影法はユニバーサル横メルカトール図法で、画像の解像度は約30mである(宇宙開発事業団, 1985)。

1984年6月13日、1991年6月1日、1999年6月23日の3時期同一月のデータ(パス番号107-ロウ番号30)を使用した。

なお、使用したTMデータはアメリカ政府所有のもので、宇宙開発事業団による提供のものである。

2.3 ハードウェアとソフトウェア

解析に使用したパソコンは、CPU:P55C200MHz、HDD:12.6GB、メモリー:96MB、OSはWindows 95である。また、ソフトウェアは画像解析ソフトOM・SAT(沢瀉電子株式会社)を使用した。

2.4 アフィン変換

フルシーン(地表スケール:185km×175km)より東経141°13'00"~141°31'00"、北緯42°58'00"~43°12'30"(東西約25km、南北約27km)の範囲を間引き率1(1ピクセルが地表スケール30m×30mに相当)で切り出した。

つぎに、TMバンド5の画像により、座標基準点(GCP)として、海岸線や川の分岐点など位置の確認が容易な箇所を選び、1/25000地形図(国土地理院, 1998, 1999)を参照し、緯度、経度を入力し画像(1300×1600ピクセル)の3~5バンドのアフィン変換を行った。

アフィン変換式はつぎのようである。また、係数および変換二乗誤差を表1に示す。

ランドサットTMデータによる札幌地域における緑地分布の解析

$$P = a X + b Y + c$$

$$L = d X + e Y + f$$

ここで、P、Xはそれぞれ変換前と後のピクセル座標、L、Yはそれぞれ変換前と後のライン座標、a～fは係数を示す。

表に示すように変換二乗誤差は1ピクセル未満である。

| アフィン係数 | 1984.06.13 | 1991.06.01 | 1999.06.23 |
|--------|------------|------------|------------|
| a | 1.08 | 1.08 | 1.08 |
| b | 0.22 | 0.23 | 0.23 |
| c | -113.50 | -117.80 | -81.74 |
| d | -0.20 | -0.20 | -0.20 |
| e | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| f | 7.26 | -28.47 | -79.12 |
| 二乗誤差 | | | |
| ピクセル | 0.56 | 0.46 | 0.52 |
| ライン | 0.44 | 0.36 | 0.48 |

表1 アフィン変換と変換二乗誤差

2.5 放射量の正規化

3時期の気象条件などのちがいによる放射量の差を取り除くため、正規化処理を行った。経年変化が少ないと考えられる札幌市街地の緑地をサンプルとし、ポイントトレーニング処理を行い、3時期のバンド3～バンド5におけるCCT値の平均値および標準偏差を算出した(表2)。基準として1991年を選び、これにあわせるため、次の式に示す演算を行った。

$$C = C_0 \times (s_1 / s_0) + (s_0 \cdot m_1 - s_1 \cdot m_0) / s_0$$

ここで、C：画像CCT値(正規化後)

C₀：画像CCT値(正規化前)

m₀：任意の画像CCT値の平均

m₁：基準の画像CCT値の平均

s₀：任意の画像CCT値の標準偏差

s₁：基準の画像CCT値の標準偏差

| 観測年月日 | TMバンド | 平均値 | 標準偏差 |
|----------------|-------|-------|------|
| 1984年 6月13日 | 3 | 40.1 | 1.0 |
| | 4 | 167.2 | 9.7 |
| | 5 | 81.0 | 6.2 |
| 1991年 6月1日 | 3 | 32.5 | 1.7 |
| | 4 | 113.3 | 7.0 |
| | 5 | 98.5 | 7.0 |
| 1999年 6月23日 | 3 | 27.5 | 7.0 |
| | 4 | 111.4 | 8.4 |
| | 5 | 91.4 | 5.7 |

表2 3時期、各バンドにおける同一対象物についてのCCT値の平均値と標準偏差

2.6 マルチレベルスライス

緑地を抽出するために、1991年の画像のポイントトレーニングを行った。

本解析に有効と考えられるバンド3(0.63～0.69 μm)、バンド4(0.76～0.90 μm)バンド5(1.55～1.75 μm)にそれぞれR(赤)、G(緑)、B(青)を割り当て、フォールスカラー画像の作成を行った(宇宙開発事業団、1995)。この画像上に、1992年3月の現況が示されている1/25000土地利用図(国土地理院、1993)を参照し、土地被覆を緑地(公園緑地、牧草地、野草地)、山林、水田、畑、裸地、宅地(住宅や工場など人工構造物の地域)、水域、雲の分類項目で1020ヶ所のトレーニングポイントを設定した。その後、マルチレベルスライス分類処理を実行した。結果をバンド3～5における各カテゴリについてのCCT値を平均値±標準偏差の範囲として図3に示す。

これにより水域はバンド5を使い閾値を13(図3の破線)に設定し、他の領域から区別した。この場合、水田の一部も水域に分類される。緑地の抽出にはこれらの単一バンドのみでは困難なため2.7の処理を行った。

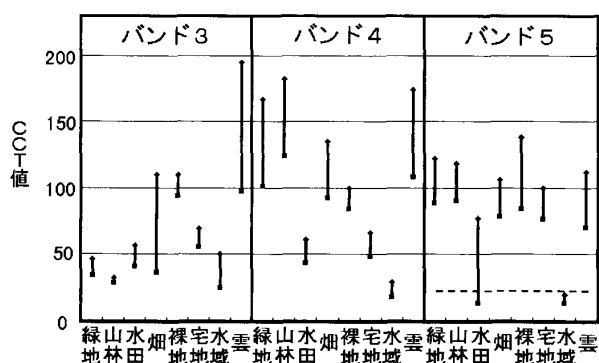


図3 各カテゴリーについてのCCT値分布 (TMバンド3, 4, 5)

2.7 緑地の抽出

緑地を他の領域と区別するために、つぎの演算によりNVI (Normalized Vegetation Index: 植生指標) 値を算出した。

$$NVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$$

ここで、TM3、TM4は、それぞれバンド3、4におけるCCT値

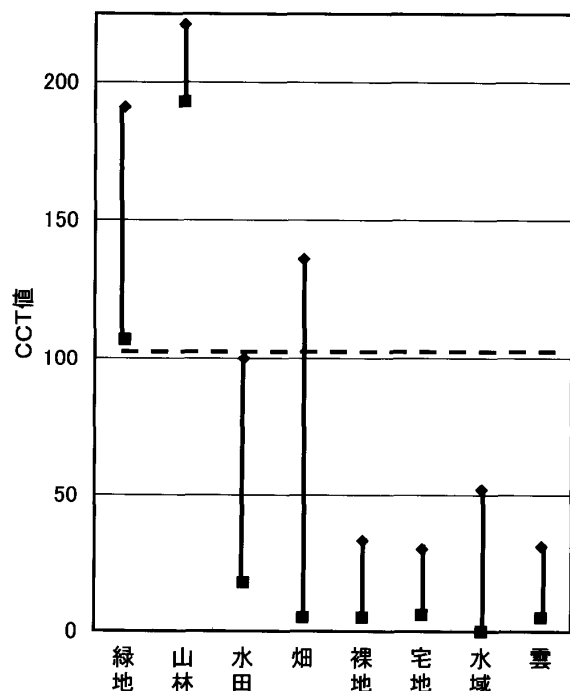


図4 各カテゴリーについてのNVI値分布

マルチレベルスライスと同じ位置でのポイントトレーニングを行い、各カテゴリーにおけるCCT値を平均値±標準偏差の値域で表現したものを図4に示す。最終的には、図の破線のように閾値を104に設定し、104以上を白(緑地)、103以下を黒(非緑地)に表示した画像を作成した。また、2.6で区別した水域はグレーで表示した。観測月の6月には大部分の水田が水域として表示される。また、畑は、作物の1ピクセルを占める面積により、緑地と表示される場合と非緑地と表示される場合がある。

3. 解析結果

3.1 緑地分布

図5.1～図5.3に3時期の緑地分布を示す。白い領域が緑地、黒の領域が非緑地、グレーの領域が水域を表す。

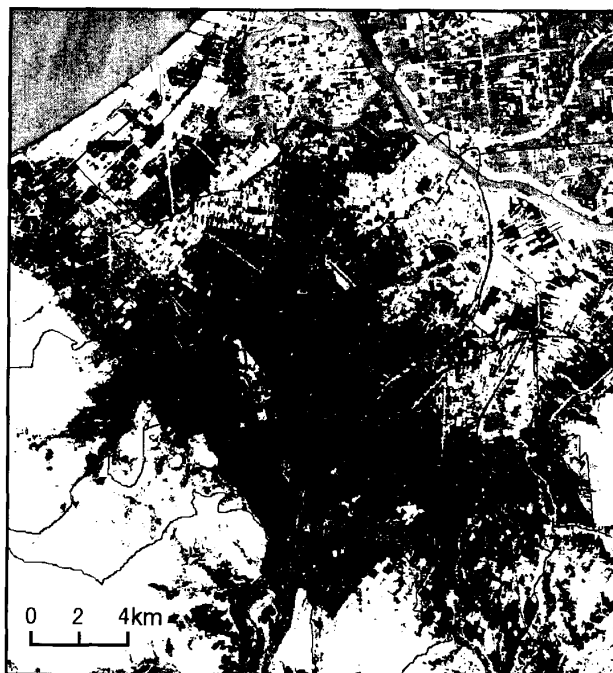


図5.1 緑地分布 (1984.6.13)

ランドサットTMデータによる札幌地域における緑地分布の解析

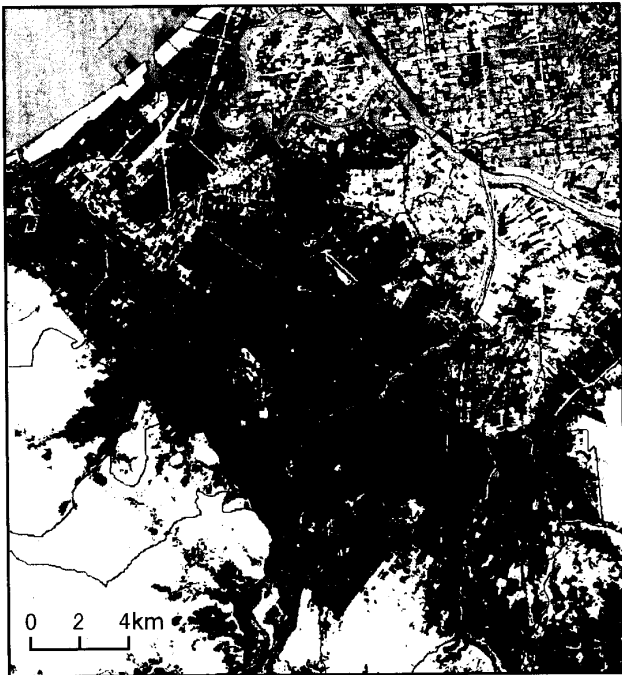


図5.2 緑地分布(1991.6.1)

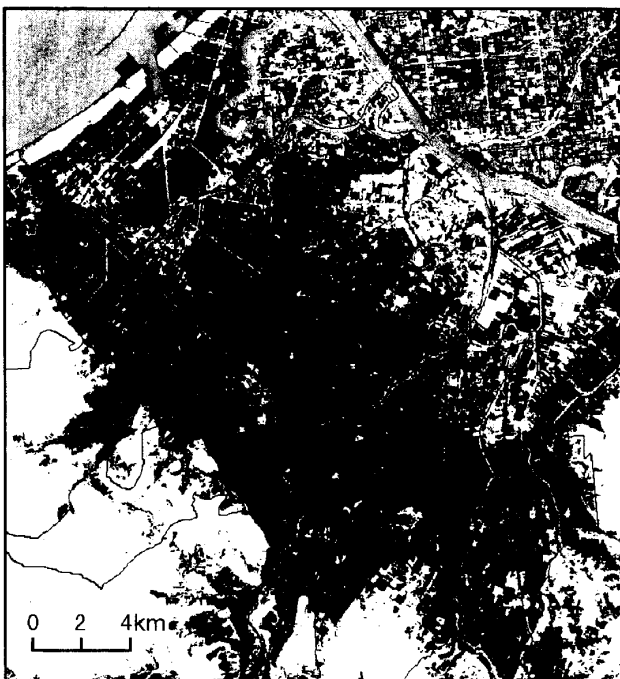


図5.3 緑地分布(1999.6.23)

1991年の分布画像と1992年の土地利用図とを比較すると、画像上で緑地として白く表示された大部分は土地利用図上で畑、広葉樹林、針葉樹林、野草地、牧草地、公園緑地と表示されている部分

であり、緑地分布において概ねの一致が得られた。一部、緑地と判断された部分でも土地利用図では工業地区や文教地区となっている所があるが、これは工業地区や文教地区では林や芝などの領域があっても工業地区、文教地区として表示されるためである。逆に畑であっても前述のように1ピクセル内の占有面積が小さい場合や、公園など樹木があるところにおいても、緑地の占める割合が小さいと画像上では非緑地(黒)に表現された。これは、ランドサット画像の解像度が30m×30mであるためであり、こうしたものを対象とする場合はさらに解像度の高いデータを必要とする(梅干,1991)。

緑地の多い領域について、図2.2に示したように、対象領域の南側から西側にかけては山林であり、北西部、石狩市の海岸寄りの地域は広葉樹林帯、その他の大部分は畑である。市街地中心付近は、広い緑地はほとんどみられないが北海道大学の緑地はかなりの広さがある。その南側には植物園の緑地がみられる。さらにその南に大通り公園(地表スケールで幅65m、長さ1.5km)の緑地がわずかに数ピクセルで表示されている。また、1984年と1991年の画像では、丘珠空港の一部に緑地がみられる。

3.2 緑地分布の経年変化

緑地変動の位置を調べるため、画像処理ソフト(paint-shop-pro6)を使用し、2時期の画像を重ね合わせ、緑地(白)から非緑地(黒)に変化した部分を黒で表示させた。この部分が緑地の減少した部分となる。結果を図6.1、図6.2示す。逆に、緑地が増加した部分(画像上の非緑地(黒)から緑地(白)に変化した部分)を黒で表示し図7.1,図7.2に示した。

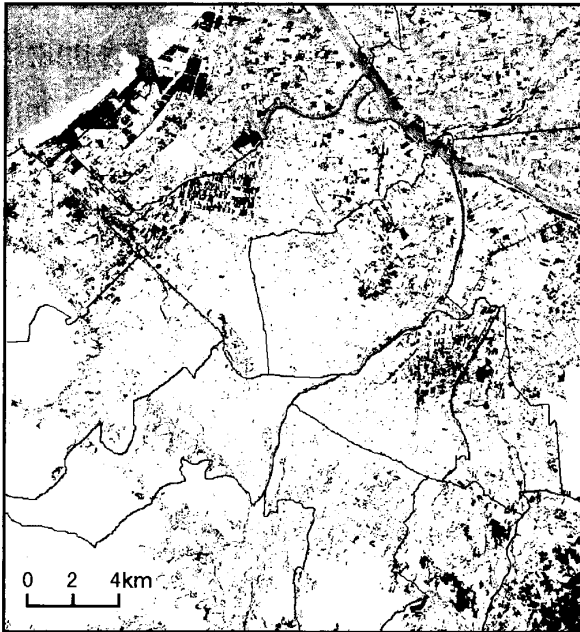


図 6.1 1984年から1991年における緑地の減少地域

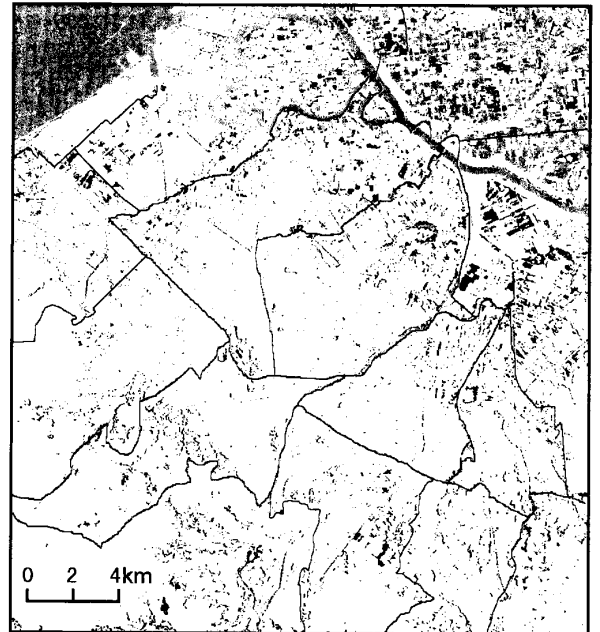


図 7.1 1984年から1991年における緑地の増加地域

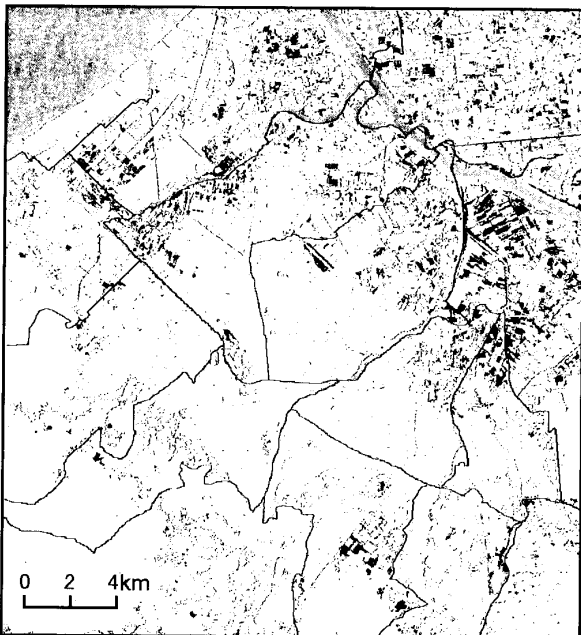


図 6.2 1991年から1999年における緑地の減少地域

図 6.1 に示されるように、1984年～1991年の7年間で緑地が減少した主な地域は北区の西部、東区の北東部、白石区の北部、石狩市の石狩湾寄りの地域および石狩市の石狩川周辺部であり、札幌駅を中心とした半径約 6 km の円で囲まれる地域の外側であることがわかる。画像右下(北広島市西部)の黒い部分は1991年の画像に雲が存在していたた

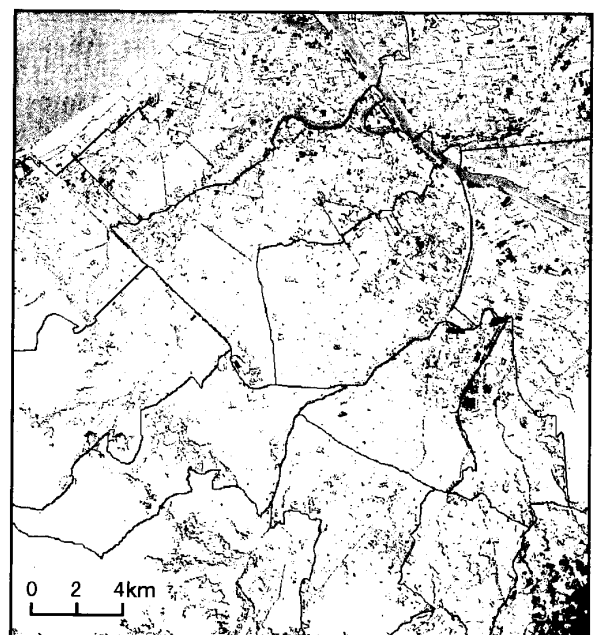


図 7.2 1991年から1999年における緑地の増加地域
めに表示されたものである。

1991年～1999年の8年間における緑地の減少地域(図 6.2)も同様な傾向であるが、全体的に減少が減速しており、特に石狩市の石狩湾寄りの地域での変化はほとんどなくなっている。逆に減少が進んでいる地域は、清田区の東部と江別市の西部である。

ランドサットTMデータによる札幌地域における緑地分布の解析

1996年に現地調査された1/25000の地形図(国土地理院, 1998, 1999)によると石狩市の石狩湾寄りの地域は工場、工業団地や卸センターなどがあり、その他の地域は大部分が住宅地となっている。

1984年～1991年の8年間に緑地の増加した主な地域は図7.1に示すように、江別市の東区寄りの地域である。手稲区の北東部と東区の北部に見られる増加地域は、それぞれ前田森林公園とモエレ沼公園である。

1991年～1999年の7年間に緑地の増加した主な地域は図7.2に示すように、白石区北部と厚別区の東部にみられる。

3.3 統計書との比較

既存の資料との比較のため、4区(中央区、北区、東区、白石区)の緑地面積の算出を行った。

まず、画像の色別ピクセル数を計測するためのプログラムをVisual Basicにより作成した。次に図5.1～5.3の画像から各区の領域を切り出し緑地(画像上で白)部分のピクセル数を計測した。1ピクセルは地表スケールで28.5m×28.5mに設定してあるので、この値を使い面積を算出した。

結果を図8に示す。

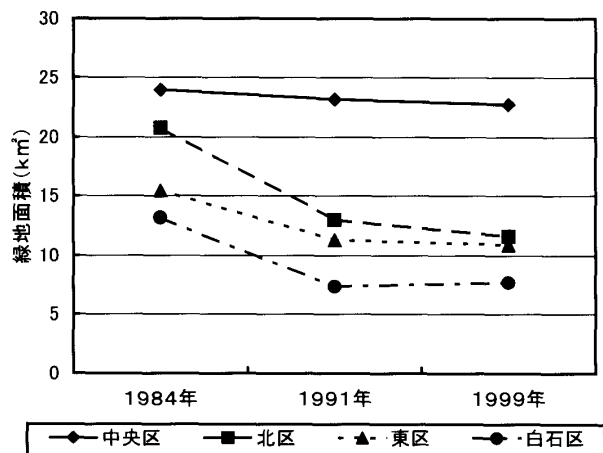


図8 緑地面積の変化(TMデータによる)

3.2で述べたように、1984～1991年の緑地面積の減少に比べ、1991年～1999年の減少が緩やかになっている。

札幌統計書による1984年、1991年および1999年の調査における各区の緑地(農地と山林原野)面積の変化を図9に示す。中央区では農地面積の変動がほとんど無いのに比べ北区、東区、白石区では大きい。特に1984年～1991年での変化が大きく、この傾向は画像解析の結果と一致している。しかし、数量的には画像解析の結果のほうが統計書のデータより大きな値となっている。これは統計書の分類項目(農地と山林原野)には含まれていない緑地の存在のためと考えられる。

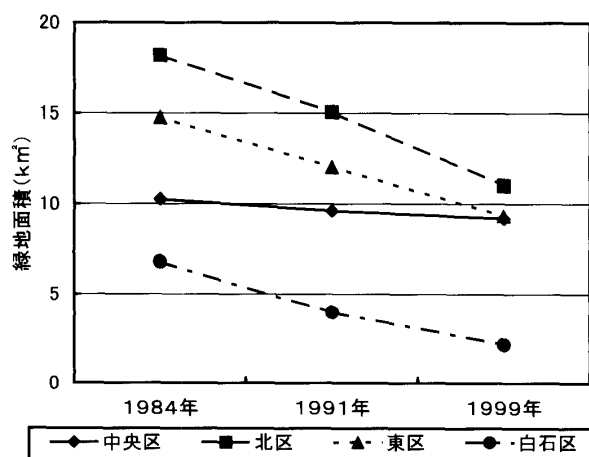


図9 緑地面積の変化(統計書による)

4. まとめ

3時期のTMデータを使用し、札幌およびその周辺における緑地分布とその経年変化について解析した結果、つぎのようなことがわかった。

1. 1984年～1991年の期間での、緑地の減少量の大きい地域は、札幌市の北部から北東部にかけての地域である。札幌市内で、最も緑地面積の大きな区は北区で、7.8km²であり、最も小さな区

は中央区の0.8km²である。

2. 1991年～1999年の8年間で緑地の減少は、同様な地域で見られるが、その量は減っている。この期間での緑地面積の減少が最も大きい区は、前の期間と同様、北区で、1.3km²である。白石区では、逆に、0.4km²の増加となっている。
3. 1984年～1999年の15年間に緑地が増加した地域は、札幌市の北東部である。
4. 緑地の変動などを調査するには、ランドサットTMデータは大変有効な方法だと思われる。しかし、街路樹や庭の樹木など小領域も対象とした調査には、さらに解像度の高いデータを使用することが必要である。

謝辞

本論文作成において、資料の収集および整理にご協力いただいた環境情報研究所環境モニターの榎本治恵氏に、また、TMデータの入手にご協力いただいた財団法人リモートセンシング技術センターの方々に、深く感謝いたします。

最後になりましたが、環境情報研究所 所長 中村圭三教授には、多大なるご助力をいただき、心より感謝いたします。

参考文献

- 大久保彰，安岡善文(1996)：土地利用図との比較による土地被覆の経年変化について—衛星データと地理情報との実用的利用—，日本リモートセンシング学会誌，16-3，65-76。
- 古海忍，林礼美，塩野由美子，村松加奈子，藤原昇(1997)：Landsat/MS S，TMデータを使ったパターン展開法による関西地域の植生変動解析，日本リモートセンシング学会誌，17-4，

34-49。

- 吉村充則，竹内章司，本村夏彦，竹野裕治，田嶋隆俊(1994)：多時期の衛星画像の判読による植生分布図の作成，写真リモートセンシング，32-1。
- 佐々波清夫，磯部邦昭，中山裕則(1988)：ランドサットデータによる関東平野中央部の土地被覆変化，日本リモートセンシング学会誌，8-1，35-44。
- 高山晴光(2001)：ランドサットTMデータによる首都圏におけるヒートアイランドの解析，環境情報研究，No9，79-88。
- 宇宙開発事業団地球観測センター(1985)：地球観測データ利用ハンドブック—LANDSAT 編・改訂版—，宇宙開発事業団。
- 国土地理院(1998，1999)：1/25000地形図。
- 国土地理院(1993)：1/25000土地利用図。
- 梅干野晃(1991)：都市環境分野におけるリモートセンシングの現状と将来，日本リモートセンシング学会誌，11-1，72-80。
- 長谷川均：(1998)リモートセンシングデータ解析の基礎。
- 札幌市企画調整局(1984～2000)：札幌市統計書。

ABSTRACT

Analysis of vegetation distribution in the Sapporo region by Landsat TM data

Harumitsu TAKAYAMA

The change of the vegetation distribution in the Sapporo region with the passage of the year has been investigated through the analysis by using LANDSAT TM data in the year 1984, 1991 and 1999.

The results are summarized as follows:

1. Remarkable decrease of the vegetation area from 1984 to 1999 was found in the northern and northeastern parts of Sapporo City. In Sapporo City for seven years, the biggest decrease of the vegetation area was found in Kita Ward and it's area was 7.8km². On the other hand, the smallest decrease of the vegetation area was found in Cyuo Ward and it's area was 0.8km².
2. Although the decrease of the vegetation area for eight years from 1991 to 1999 was in the same area, it was slow down. In Sapporo City for seven years, the biggest decrease of the vegetation area was found in Kita Ward and it's area was 1.3km². In Shiraishi Ward the increase in the vegetation was found, it's area was 0.4km².
3. On the other hand, the remarkable increase of the vegetation area from 1984 to 1999 was found in the northeastern part of Higasi Ward.
4. The analysis by using TM data is very useful in the investigation of the vegetation distribution. However, data with higher resolution are necessary for the investigation of smaller parts with trees on streets or in gardens and etc.