

諏訪湖流域におけるゴルフ場の環境影響に関する研究

藤居良夫

信州大学工学部

Study on Environmental Impact of Golf Courses in Lake Suwa Basin

Yoshio Fujii

Faculty of Engineering, Shinshu University

Key words : ゴルフ場 Golf Course, 環境影響 Environmental Impact, 諏訪湖流域 Lake Suwa Basin

1. はじめに

流域を単位とした自然環境の解析・評価などにおいて、リモートセンシングによる衛星データの利用は広域性と同時性、周期的な観測能力などの観点から有用である。とくに、人為的開発行為が自然環境に与える影響をマクロに調べる場合、衛星データにより土地利用やそれに関連する環境変化を定量的に捉えることができる。

諏訪湖流域においては、山間リゾート地という立地条件と中央道などの交通利便性から、多くのゴルフ場開発がなされてきた。ゴルフ場開発は代表的な大規模人為的開発行為であり、自然環境に与える影響が危惧される。広大な用地の必要性から、ゴルフ場は山林を開発して造成される場合が多く、その周辺の自然環境への影響を評価して、適切な計画や対策に結びつける必要がある。そこで、本研究では、衛星データを利用して、諏訪湖流域におけるゴルフ場が周辺の自然環境に及ぼす影響について、数種の評価指標により検討した。

2. 対象地域と解析データ

諏訪湖流域には多くのゴルフ場が存在する。これらのゴルフ場は山林を伐採して開発されてきた。ここでは、人工的に開発されたゴルフ場が周辺の自然環境に対してどのような

影響を及ぼしているのかを、衛星データを用いて検討した。自然環境への影響を調べるために比較検討した環境パラメータは、諏訪湖周辺のゴルフ場とその周囲の植生指数、地表面の乾燥状態、地表面温度などの指標である。また、これらの指標を基に、ゴルフ場の周辺環境への影響の評価方法¹⁾を係数化によって導き出した。

(1) 対象としたゴルフ場とその周辺の設定

諏訪湖流域には 10 箇所のゴルフ場が存在している。そのうち隣接するゴルフ場は 1 つにまとめ、結果として、以下の 7 つにまとめたゴルフ場を対象に検討した。図-1 にその位置を示す。同図は、幾何

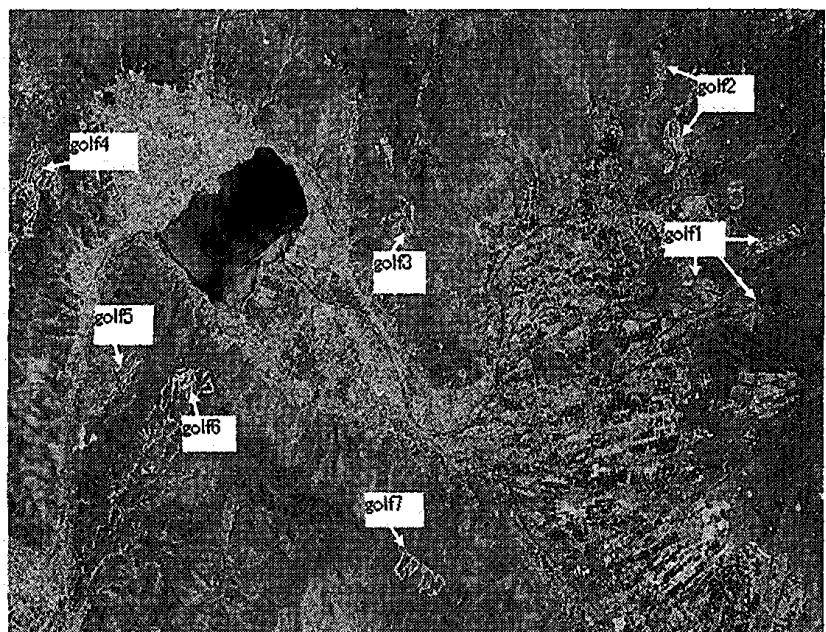


図-1 ゴルフ場の位置

補正した衛星データ (Aster データ) を用いてフォルスカラー合成したものである。以下、7つにまとめたゴルフ場を golf 1 ~ golf 7 と表示する (同様に、以下のグラフ中における数字はそれぞれ各ゴルフ場を示す)。

- golf 1 : 三井の森蓼科 GC・フォレスト CC 三井の森・鹿島南蓼科 GC
- golf 2 : 蓼科高原 CC, 蓼科東急 GC
- golf 3 : 諏訪湖 CC
- golf 4 : 信州塩嶺 CC
- golf 5 : 諏訪レイクヒル CC
- golf 6 : 諏訪 GC
- golf 7 : 中央道晴ヶ峰 CC

今回対象としたゴルフ場の周辺の範囲は、人々の日常生活での徒歩による活動範囲を考慮して 2.5km とした。また、この範囲の設定は、将来の開発計画など (宅地化など) との関連も考慮して、影響の最小範囲として想定した。つまり、ゴルフ場から 2.5km のバッファゾーン領域をゴルフ場の周辺とした。この周辺領域の範囲は GIS を用いて設定した。

(2) 解析データ

ゴルフ場が周辺の自然環境に及ぼす影響を調べるため、人工衛星 Terra に搭載されている Aster センサのデータを用いた。従来から一般的に、Landsat の TM データが利用されてきたが、ここでは、より空間分解能が高い Aster データを用いた。Aster は、可視・近赤外域～短波長赤外域～熱赤外域に合計 14 の観測バンドをもち、空間分解能は 15~90m、観測幅は 60km、同一軌道内立体視機能をもつ。具体的に、ここで用いた観測バンドは、空間分解能 15m である band1, band2, band3, 空間分解能 30m である band4, および空間分解能 90m である band14 である。なお、band14 以外のデータは 8 ビットであるが、band14 は 16 ビットデータである。解析したデータは、2001 年 5 月 30 日に取得されたフルシーンデータであり、これを諏訪湖流域部分で切り出し、幾何補正を施して、空間分解能 15m に統一した。band1, band2, band3 を用いたフォルスカラー合成を図-1 に示す。

3. ゴルフ場とその周辺の環境

(1) 環境パラメータの設定

対象とするゴルフ場およびその周辺の環境パラメータとして、植物の活性度を調べるのに有効である植生指数 (NDVI) の平均、地表面の乾燥状態と関連する中間赤外バンド (ここでは band4) の平均、地

表面温度と関連する熱赤外バンド (ここでは band14) の平均を考えた。植生指数は、-1~+1 の間の値をとり、その値が大きければ植生の活性度が高いと判断できる。中間赤外バンド band4 は乾燥バンドとも呼ばれ、地表面の水分含有量を調べることができる。この値が大きければ乾燥しており、逆に小さければ水分含有量が多いことがわかる。熱赤外バンド band14 は、値が大きほど地表面温度が高く、

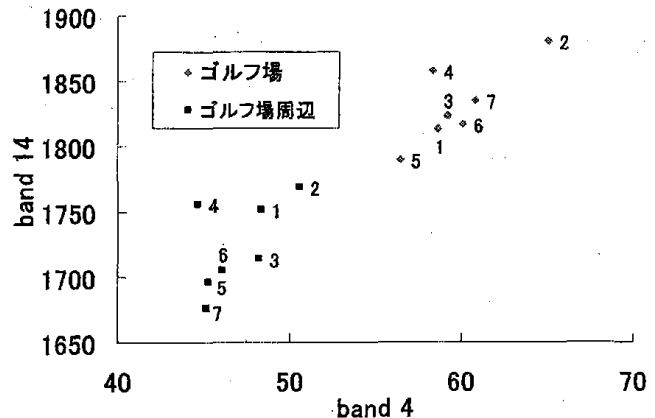


図-2 乾燥バンドと熱バンドの関係

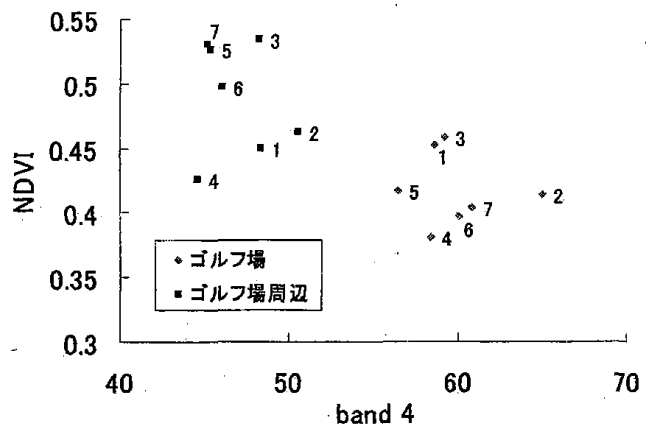


図-3 乾燥バンドと植生指数の関係

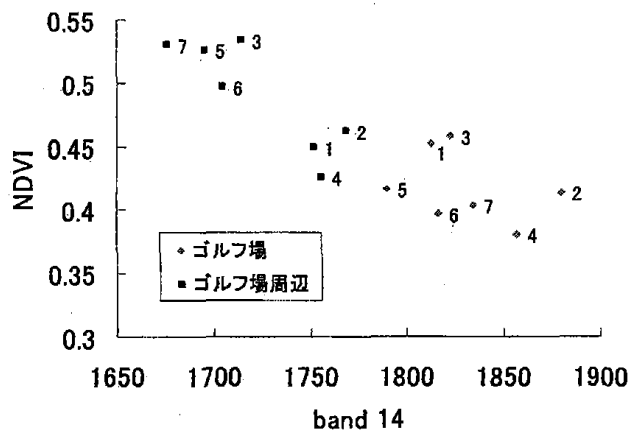


図-4 熱バンドと植生指数の関係

小さければ地表面温度が低いことがわかる。

また、得られた植生指数を用いて、ゴルフ場とその周辺が占める植生の割合から緑被率を求めた。一般に、Landsat の TM データなどでは、植生指数 0.2 程度を境に植生の有無を判断しているが、ここで用いた Aster データでは、データ取得年月日を考慮して、またゴルフ場の形態が判別できる程度を考慮して、植生指数 0.4 を基準にして緑被率を考えた。つまり、ゴルフ場とその周辺において、植生指数 0.4 以上の面積割合を緑被率とした。

(2) 環境パラメータの測定結果

ゴルフ場とその周辺についての環境パラメータの値を求めた。それらの平均を図-2、図-3、図-4 に示す。これらの結果から、ほとんどのゴルフ場では、周辺より乾燥化がすすみ地表面の水分含有量が少なく、地表面温度が周辺より高いことがわかる。また、ほとんどのゴルフ場では、周辺より植生の活性度が低いことがわかる。とくに、golf 7 のような森林深くにつくられたゴルフ場では、周辺と比べて、極端に地表面の水分含有量が低いところや、地表面温度が高いところがあり、自然環境への影響が顕著である。

また、緑被率を示す図-5 から、森林に囲まれている golf 7 などでは植生指数の値が高く、全般に緑被率と植生指数に比例関係がみられる。

4. ゴルフ場が及ぼすその周辺への環境影響

(1) 環境評価係数

以上、ゴルフ場およびその周辺における植生指数 NDVI、地表面の水分含有量、地表面温度に関連する環境パラメータの平均の値をみた。次に、個々のゴルフ場について、ゴルフ場が及ぼすその周辺環境への影響を係数化により比較した。

ゴルフ場の環境パラメータと周辺の環境パラメータとを比較して、どの程度の差があるのかを調べるため、ゴルフ場とその周辺の各環境パラメータの差を正規化する環境評価係数 (Q) を用いた。

まず、植生の活性度の差を正規化する係数として、①式を導入する。

$$Q_{ndvi} = \frac{\overline{NDVI(g)} - \overline{NDVI(周)}}{\overline{NDVI(g)} + \overline{NDVI(周)}} \quad \dots ①$$

ここで、「 $\bar{\quad}$ 」は平均、「g」はゴルフ場、「周」はゴルフ場の周辺を表す (以下同様)。これは、植生の環境評価係数と考えられ、ゴルフ場がその周辺よ

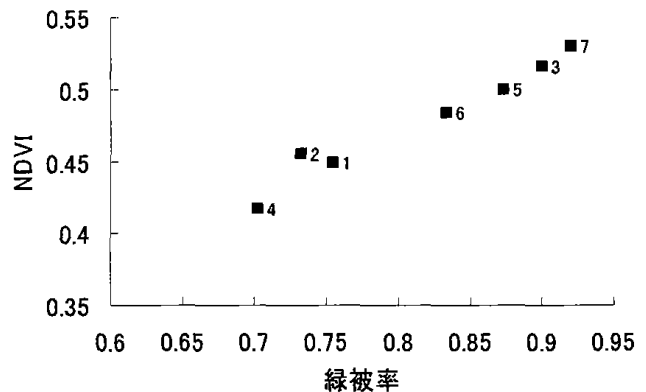


図-5 緑被率と植生指数の関係

り植生の活性度が高ければ、この値が大きくなり評価が高くなる。これは、一般にゴルフ場が森林など、植生の活性度の高いところに造られることを考慮したものである。

次に、地表面の水分含有量の差を正規化する係数として、②式を導入する。

$$Q_{sm} = \frac{\overline{band4(周)} - \overline{band4(g)}}{\overline{band4(周)} + \overline{band4(g)}} \quad \dots ②$$

これは、地表面の水分含有量の環境評価係数と考えられ、ゴルフ場がその周辺より湿潤であれば、この値が大きくなり評価が高くなる。これは、ゴルフ場の乾燥化の程度を表現するものと考えられる。

さらに、地表面温度の差を正規化する係数として、③式を導入する。

$$Q_{st} = \frac{\overline{band14(周)} - \overline{band14(g)}}{\overline{band14(周)} + \overline{band14(g)}} \quad \dots ③$$

これは、地表面温度の環境評価係数と考えられ、ゴルフ場がその周辺より低温であれば、この値が大きくなり評価が高くなる。これは、地物の放射温度の関係を基にしたものである²⁾。

これらの環境評価係数は、ゴルフ場の環境がその周辺の環境と比較して、相対的にどのような状態であるかを評価するための指標となる。相対的に自然

表-1 各ゴルフ場の環境評価係数

	Qndvi	Qsm	Qst
golf1	0.0034	-0.0967	-0.0171
golf2	-0.0553	-0.1254	-0.0306
golf3	-0.0762	-0.1026	-0.0306
golf4	-0.0556	-0.1331	-0.0281
golf5	-0.1165	-0.1096	-0.0269
golf6	-0.1129	-0.1319	-0.0318
golf7	-0.1355	-0.1480	-0.0450

環境の健全性を評価するとき、植生の活性度は高い方がよく、地表面の水分含有量が多い方がよく、地表面温度は低い方がよいと考えた場合、各環境評価係数 (Q_{ndvi} , Q_{sm} , Q_{st}) が正のとき、ゴルフ場はその周辺に対してプラスの環境影響を与えていると考えられ、各環境評価係数が負のとき、ゴルフ場はその周辺に対してマイナスの環境影響を与えていると考えることができる。

(2) ゴルフ場が及ぼすその周辺への環境影響評価

諏訪湖流域に存在する7つにまとめたゴルフ場について、各環境評価係数 Q を求めた。その結果を表-1および図-6～図-8に示す。ただし、 $-1 \leq Q_{ndvi}$, Q_{sm} , $Q_{st} \leq +1$ の値をとる。

golf 1以外のすべてのゴルフ場では、植生の環境評価係数の値が負であり、ゴルフ場はその周辺に対してマイナスの環境影響をもたらしているといえる。ただし、golf 1における植生の環境評価係数の値だけは正である。これは、golf 1の周辺の土地利用のかなりの部分が畑や谷地田、別荘地などであり、またデータ取得が5月でもあり、ゴルフ場周辺の植生の活性度がやや低いためである。この場合は、ゴルフ場の植生が周辺の緑の改善に寄与していると考えられる。

地表面の水分含有量、地表面温度の環境評価係数の値はすべて負である。すべてのゴルフ場は森林を伐採して開発されており、ゴルフ場の地表面の水分含有量は周辺より低く乾燥しており、ゴルフ場の地表面温度は周辺より高く、ゴルフ場がその周辺の環境に好ましくない影響を与えていることがわかる。とくに、golf 7は森林深くに造成されており、周辺の森林に与えるマイナスの影響が顕著である。

5. おわりに

以上、Aster データを用いて、諏訪湖流域に存在する多数のゴルフ場がその周辺の自然環境に与える影響を調べた。データの取得が5月であることを考慮しても、ほとんどのゴルフ場はその周辺に対して植生、地表面の水分含有量、地表面温度ともにマイナスの影響を及ぼしていることがわかった。とくに、森林深くに造成されたゴルフ場では、その周辺の自然環境に及ぼす影響は顕著である。また、とくに夏期におけるゴルフ場の乾燥化や高温化が、その周辺の自然環境に及ぼす影響が懸念される。

ここでは、一時点での断面的な評価を試みたが、自然環境に対する影響を予測するためには、今後、

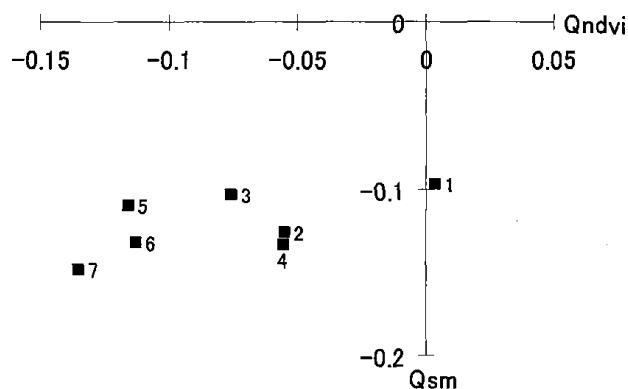


図-6 植生指数と地表面水分との関係

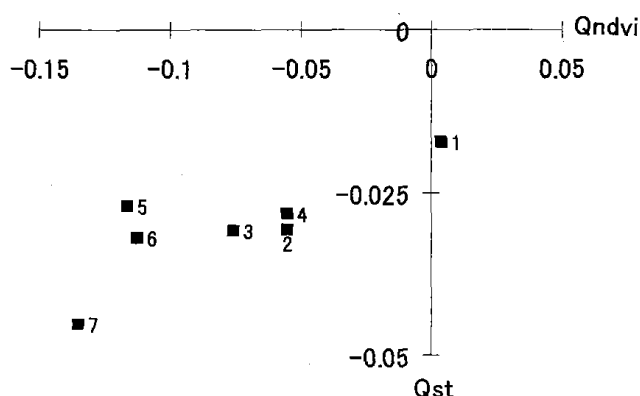


図-7 植生指数と地表面温度との関係

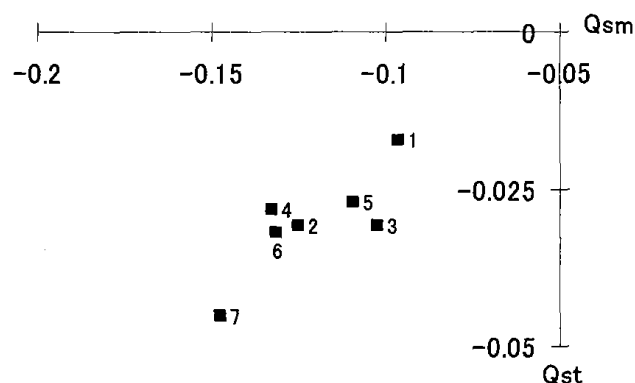


図-8 地表面水分と地表面温度との関係

定期的な調査による時系列的な分析が必要である。そのためには、さらなる効果的なデータの蓄積と評価手法の検討が望まれる。

引用文献

- 1) 安田嘉純：リモートセンシング・土地利用、沼田眞（編）、開発地域等における自然環境への影響予測に係る基礎調査 II (1991)
- 2) 沼田眞：景相生態学、朝倉書店 (1996)