

地球温暖化の社会・経済影響－スキー場への影響予測事例－

広島大学大学院	学生会員	○藤森 裕介
広島大学工学部	正会員	尾崎 則篤
広島大学工学部	正会員	福島 武彦
国立環境研究所	正会員	原沢 英夫

1. 本研究の背景と目的

地球温暖化により社会・経済にも様々な影響が及ぶことが懸念されている。本研究では、地球温暖化によって変化する積雪量に着目し、まずスキー場の積雪量の変化を予測し、次にその結果を用いてスキー客数の変化を予測し、最後にそれが地域社会にどの程度影響を与えるかを予測することを目的とした。

2. 解析方法

本研究においてはスキー場への影響を調べる際に、スキー客数に影響を与える因子として積雪量、景気、リフト数を考慮した。まず、景気の影響を削除するため、全国のスキー参加人口をもとに景気の指数化を行い、それで各年度のスキー客数を除すことにした。また、リフト数は解析期間内での変化がほとんどないため、リフト数による影響を考慮しないものとした。スキー場のデータとして、滋賀県の2つのスキー場から日単位のスキー客数データ、実測積雪量データ、年単位輸送人員データを、東北地方の8スキー場から月単位輸送人員、旅客収入データを収集した。また、これらに対応した日単位気象データを収集し、それを入力とする積雪量予測モデルを作成した。また、限界積雪量をパラメータとしてスキー客数を求める日単位モデルなどを用いて、積雪量とスキー客数との関係を調べた。

3. 結果と考察

(1) 積雪量予測モデル

アメダスによる日単位の気象データを用いて、積雪、融雪、圧密過程を考慮した積雪深（以後、積雪量）と相当水量を予測するモデルを作成した。このモデルから求めた予測積雪量は実測積雪量と若干異なるものの、積雪期間はよく一致した（図1）。

(2) 日単位モデル

まず、スキーシーズンにおける実測積雪量とスキー客数の間の関係を調べた。積雪量の増加に伴いスキー客数も増加する区間、積雪量が変化してもスキー客数がほぼ一定の区間、積雪量の減少に伴いスキー客数も減少する区間があり、それぞれの区間をA、B、C区間とした（図2）。また、区間の境となり、それ以上の積雪量となるとスキー客数がほぼ一定となる積雪量を限界積雪量とし、その時のスキー客数を限界スキー客数とした。更に、日単位の積雪量から日単位のスキー客数を予測する日単位モデルを作成し、シーズン合計スキー客数を求めた（式1）。限界積雪量を50cmとし、予測積雪量を用いて日単位モデルから得られたA、B、Cそれぞれの区間日数を実測のそれらと比較したのが図3である。多少の誤差はあるものの、区間日数はよく予測されている事がわかる。積雪量予測プログラムより求めた予測積雪量は、実測よりも若干少なめであったがスキー客数はほぼ一致した（147222人、146338人）。

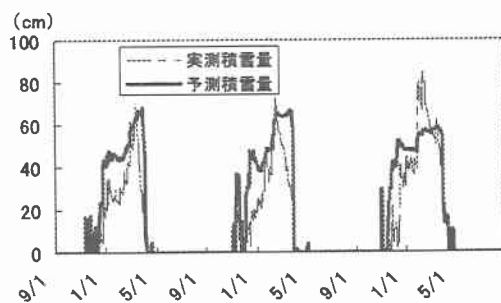


図1 実測と予測積雪量経日変化の比較

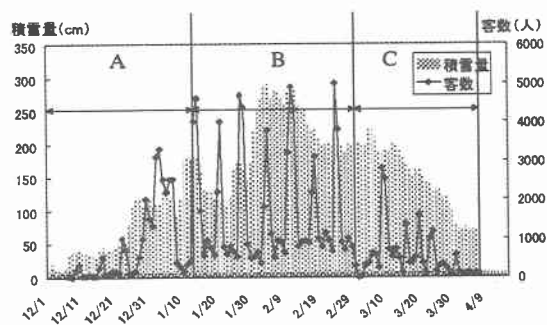


図2 積雪量とスキー客数のシーズン変化

(3) モデルの応用例

月単位輸送人員データがある3つのスキー場(大鰐, 安比高原, 猪苗代)に対して、日単位モデルの考えを用いて各月単位のスキー客数と予測積雪量の関係を調べる月単位モデル(式2)を適用した。

$$YM = \sum_i^M U \cdot g\left(\frac{S_i}{T}\right) \quad g\left(\frac{S_i}{T}\right) = 1 \quad \left(\frac{S_i}{T} \geq 1\right) \\ = U \sum_i^M g\left(\frac{S_i}{T}\right) \quad g\left(\frac{S_i}{T}\right) = \frac{S_i}{T} \quad \left(\frac{S_i}{T} < 1\right) \quad (\text{式2})$$

YM: 月合計輸送人員(人), S_i : 積雪量(cm)

M: 月日数(日), T: 限界積雪量(cm)

U: 限界輸送人員(人/日)

月単位モデルより算出した月合計予測輸送人員を年度ごとに合計し、実測輸送人員と比較した(図4)。限界積雪量は2つのスキー場で100cm, 1つのスキー場では60cmとした。全体として予測値は実測値とよく一致している。それぞれの実測輸送人員に対する予測輸送人員の割合の平均を算出すると、大鰐で 1.19 ± 0.38 , 安比高原で 1.02 ± 0.12 , 猪苗代で 0.98 ± 0.20 となった(±は標準偏差)。

(4) 平均気温が上昇した場合の輸送人員の変動予測

地球温暖化に伴い気象が変化することを想定し、スキー場の積雪量、輸送人員に及ぼす影響を解析した。ここでは、平均気温が3℃上がり、降水量や他の気象量は変化しないと仮定した場合について解析する。1994年度の気象データを用い、奥伊吹スキー場について実測積雪量、予測積雪量、1994年度の平均気温を3℃上昇させた時の予測積雪量の日数を比較した(図5)。温暖化により予測は、積雪量が減少し、シーズン期間が約30日減少した。平均気温が3℃上昇しても、A, C区間それぞれの長さに差異は見られなかった。同様な予測を、3つのスキー場(大鰐, 安比高原, 猪苗代)についても行った。その結果でもA, C区間の日数はあまり変化しなかった。しかしA, B, C区間の和、すなわちシーズン期間は約44日減少して、特にB区間は約48日減少した。これに伴い輸送人員も約3割減少することが予測された。

4. 結論

積雪量予測モデルから得られた予測積雪量は実測積雪量と若干異なるが、スキーシーズン期間をよく予測しうるものであった。予測積雪量を用いて日単位モデルから求めたスキー客数は実測のそれとよく一致していた。こうしたモデルを月単位に拡張しても、実測輸送人員と予測輸送人員はよく一致した。平均気温が3℃上昇時には、スキー期間、輸送人員ともに3割程度減少することが予測された。

$$YY = \sum_{i=1}^l U \cdot \frac{S}{T} + l_2 \cdot U + \sum_{i=1}^l U \cdot \frac{S}{T} \quad (\text{式1})$$

U: 限界スキー客数(人)

S: 積雪量(cm), T: 限界積雪量(cm)

$l_{1 \sim 3}$: A, B, Cそれぞれの区間の日数(日)

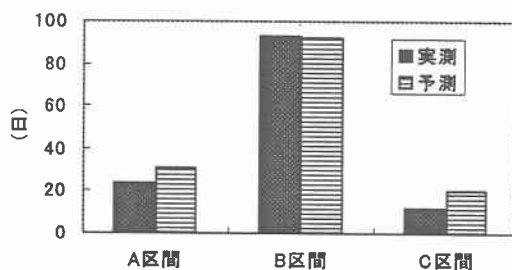


図3 実測と予測の区間日数の比較
(奥伊吹スキー場)

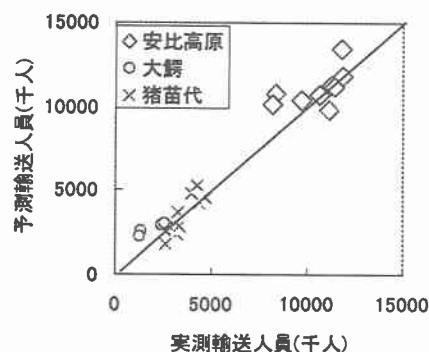


図4 実測と予測輸送人員の比較

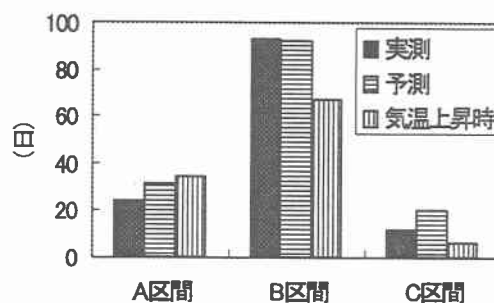


図5 各区間の日数
(奥伊吹スキー場)