

地中音による中越地方の長期天気予測に関する研究

建設設計工学研究室 田村 曜

指導教官 宮木 康幸

1. はじめに

現在、天気予測は気象衛星や過去の気象データ等を用いて行われている。莫大な費用とデータを必要としている割には、3ヶ月や6ヶ月の長期の天気予測は不確かなものと言える。

一方、カマキリの研究の卵のうの位置から積雪を予測する酒井氏の論文¹⁾がある。これによると、カマキリは卵のうと必ず積雪高さよりもわずかに上の位置に産卵する必要があるため、その年々によって産卵地や樹木への卵のうを産み付ける高さを変えており、カマキリは積雪量を予測していることになる。更に、カマキリが何によって産卵する高さを決めているのかを調べたところ、樹木に取り付けた高感度センサの出力が最大、すなわち、地中音が最大となることが分かった。このことは、地中音と積雪の間には何らかの関係があることを示しており、積雪自体は気温と密接に関係していることから、地中音と気温の間には何らかの相関関係があることを示唆している。そこで地中音より気温が予測できれば、現在の長期天気予測に寄与できるものと考えられる。

2. 本研究の目的

前述したように、酒井氏の論文に基づいて、本研究では地中音と気温を比較し、その関連性について検討することを目的とする。

3. 使用データについて

3.1 気温データ

2001年4月1日~2002年1月31日の10ヶ月、306日分のデータを用いた。測定場所は長岡、十日町、出雲崎、見附大橋、中之島、宮本

の計6箇所であるが、地中音の測定場所が長岡であるために、長岡のデータのみについて述べることにする。このデータは1時間毎の気温を表したデータであるので、1日毎の平均気温を出して気温データとすることにした。これを図1に示す。

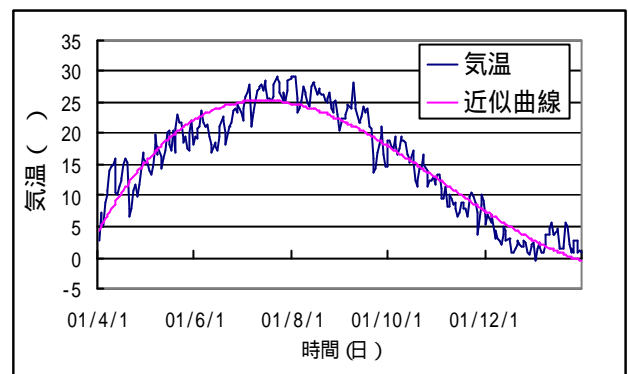


図1 気温の変動と近似曲線

図1から分かるように、気温は季節による大きな変動を含んで変化している。一方、後述する地中音のデータには季節による変動は無い。そこで、この気温データから季節的変動分を取り除くことにした。本来ならば平年値からの差をとるのが良いのだが、今回は図中に示した近似曲線で平年値を代用し、その差を求め、更に、そのデータの標準偏差で割って無次元の値として比較した。これを図2に示す。

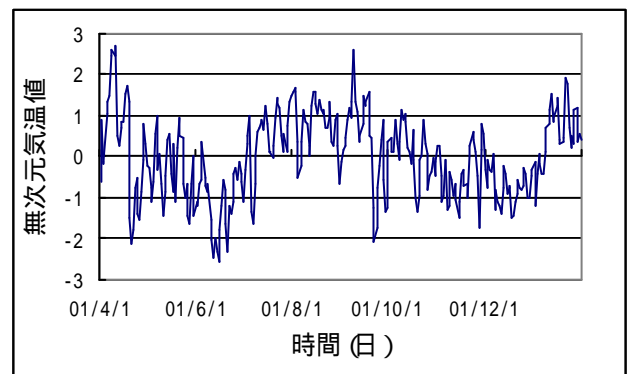


図2 比較に用いた気温データ

3.2 地中音データ

地中音の測定は図3に示すように、振動センサ(1)を樹木に取り付け、測定器(2)で増幅度を調整しながらヘッドホン(4)で聞き、必要に応じてレコーダー(3)で収録するという方法で行った。

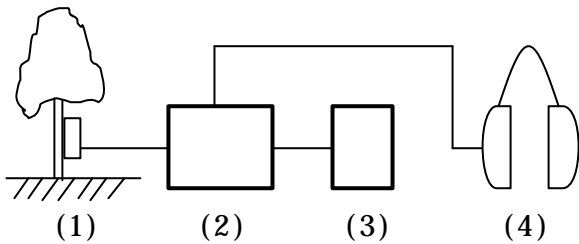


図3 測定器の取り付け方法

本研究にはこうして得られた2001年4月1日~2001年9月の6ヶ月、183日分のデータを用いることにした。このデータは1時間毎の地中音を表したデータである。1日毎の地中音の平均値をデータとして用いた。その値を図4に示す。

気温データとの対応をとるため、1日毎に地中音の平均値を求め、次に、測定日での平均値と標準偏差を求め、更に、平均値との差を標準偏差で割ることによって無次元化した。その値を図5に示す。

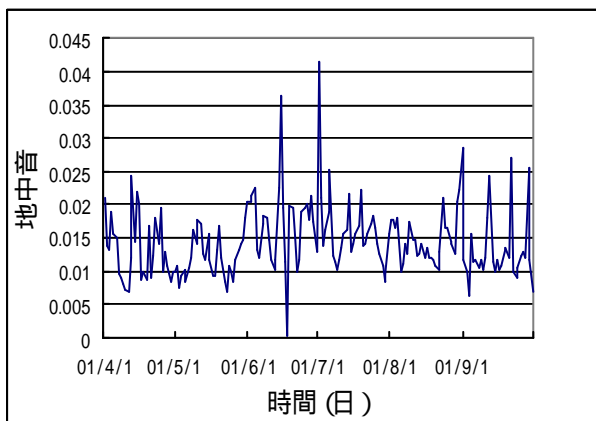


図4 1日毎の地中音の平均値

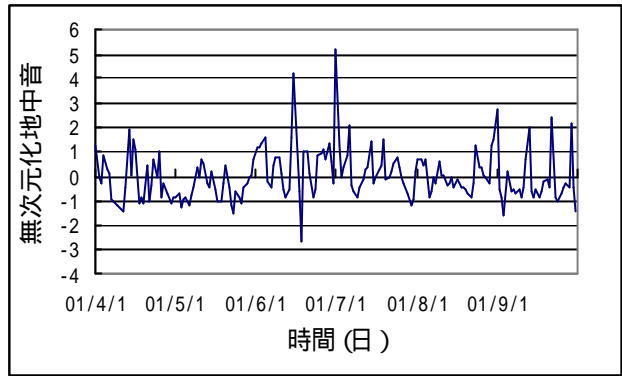


図5 比較に用いた地中音

4. 地中音と気温の関連性についての検討

4.1 地中音全データによる比較

ここでは地中音6ヶ月分のデータを気温10ヶ月分のデータ上で1日ずつスライドさせて比較した。このスライドされた日付をシフト日、スライドされた日数をシフト日数と呼ぶことにする。図6は比較方法を図に示したものである。

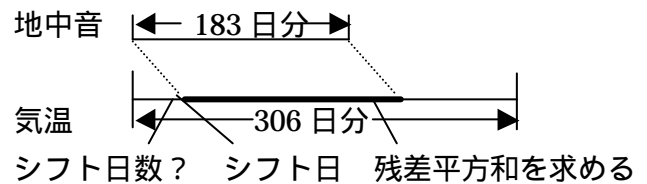


図6 地中音全データによる比較方法

本研究においては、気温が平年より高いのか低いのかを地中音から予測することを前提としている。そこで地中音と気温が正と正、負と負なら一致しているとし、一致する確率を求めたものを図7に示す。

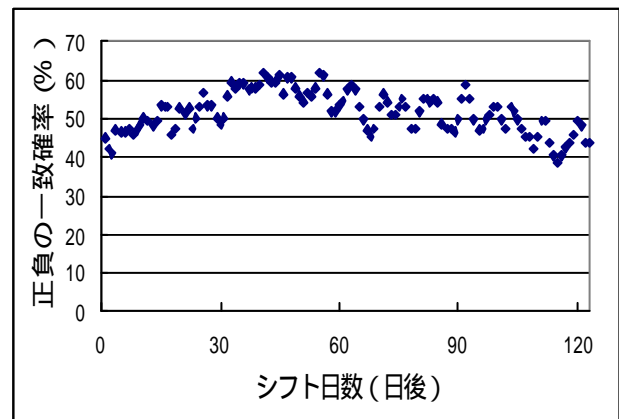


図7 データの正負の一致確率

図7より、一致する確率は40~60%となり、明確なシフト日数は表われていない事が分かる。このことより、この比較方法では明確な関連性を見る事ができないことが分かった。

次に、気温変化の傾きが一致していれば、次の日の気温が高くなるのか低くなるのか予測できるので、気温と地中音について、変化の傾きの一致確率を求めたところ、図8が得られた。

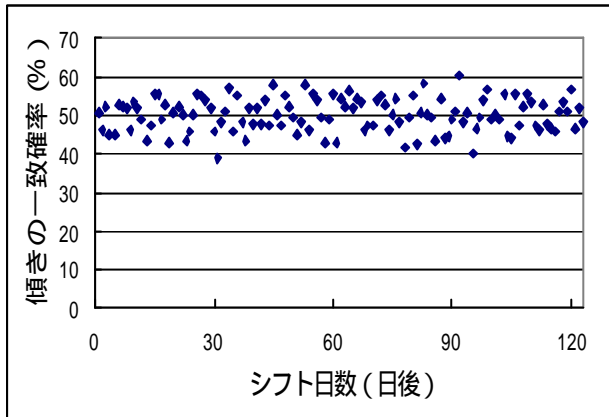


図8 データの傾きの一致確率

この図からも、先程と同様な結果しか得られなかった。

そこで、残差平方和を求めたところ、図9のようになった。

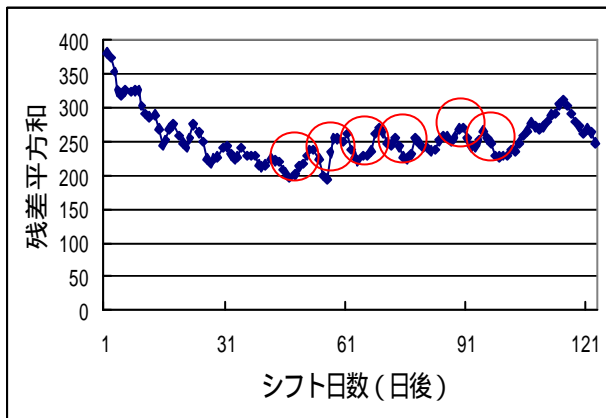


図9 シフト日数と残差平方和

図9より、残差平方和はシフト日数が30~90日当たりで最小となっているが、明確な最小値が得られないことが分かった。そこで最小値付近の極小値を示すいくつかのシフト日を取り上げて、先程の一致確率を調べることにした。

実際には、シフト日が5月17日、5月26日、

6月3日、6月15日、6月29日、7月9日について調べ、その結果を表1に示す。

表1 シフト日数と正負、傾きの一致確率

シフト日 (シフト日数)	正負の一致 確率(%)	傾きの一致 確率(%)
5月17日(47日後)	60.7	54.9
5月26日(56日後)	56.3	49.5
6月3日(64日後)	53.0	51.6
6月15日(76日後)	53.0	48.4
6月29日(90日後)	55.2	48.4
7月9日(100日後)	49.7	50.0

この結果より、どのシフト日においても一致確率に大差は無く、地中音が何日後の気温と類似しているのか明確な答えは得られなかった。

4.2 地中音1ヶ月分毎のデータによるシフト日数の決定

先程の検討で明確なシフト日数が得られなかったのは、地中音データ全部で比較したためと考えて、地中音データを30日毎に区切り、気温データ上で1日ずつスライドさせて残差平方和よりシフト日数を決定することにした。この時、地中音データも1日ずつスライドさせてその度にシフト日数を求めた。ここでのシフト日数は地中音測定後からの日数とした。図10は比較方法を図に示したものである。

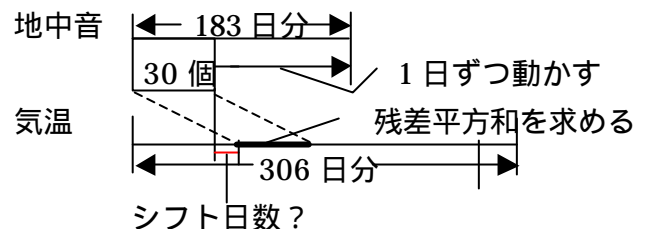


図10 地中音データ30日分による比較

シフト日数の傾向をつかむために、それをヒストグラムに表したものが図11である。

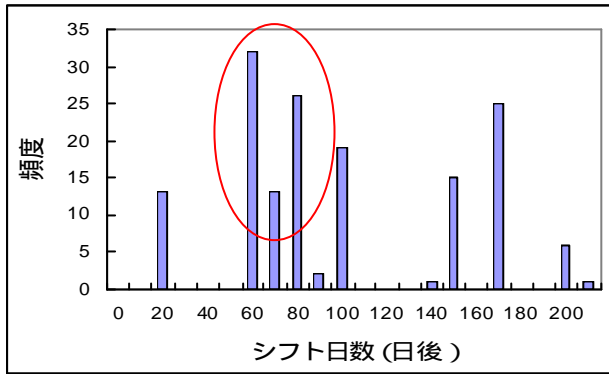


図 11 シフト日数の頻度分布

この図より、シフト日数が 50～80 日付近で頻度が大きく、丸で囲ったところに着目してシフト日数の平均値を求めると、62 日後となる。よって、地中音は 3 ヶ月後の気温と類似している傾向にあることが分かった。

よって、地中音が 3 ヶ月後の気温と何らかの関係があることが分かった。(3 ヶ月予測)

5. 3 ヶ月予測の信頼性についての検討

5.1 地中音と 3 ヶ月後の気温の比較

図 12 に示すように、地中音 6 ヶ月分のデータを気温データ上で 3 ヶ月シフトさせて、データの正負と傾きの一致確率を求めた。その結果を表 2 に示す。

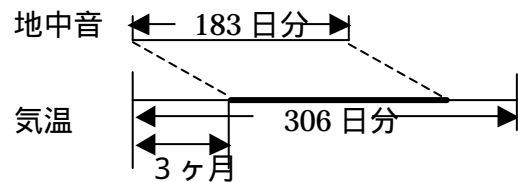


図 12 地中音と 3 ヶ月後の気温の比較方法

表 2 地中音を 3 ヶ月シフトした時の一致確率

シフト日 (シフト日数)	正負の一致 確率(%)	傾きの一致 確率(%)
7月1日(92日後)	55	48

この結果より、データの正負と傾きの一致確率においては、地中音と気温には関連性が見られない事が分かった。図 13 はこの時の地中音と気温を比較したものである。この図より、比較した 6 ヶ月の内、前半の 3 ヶ月は一致が見られず、後半の 3 ヶ月は一致が見られた。この事から、次のような仮説を立ててみる。

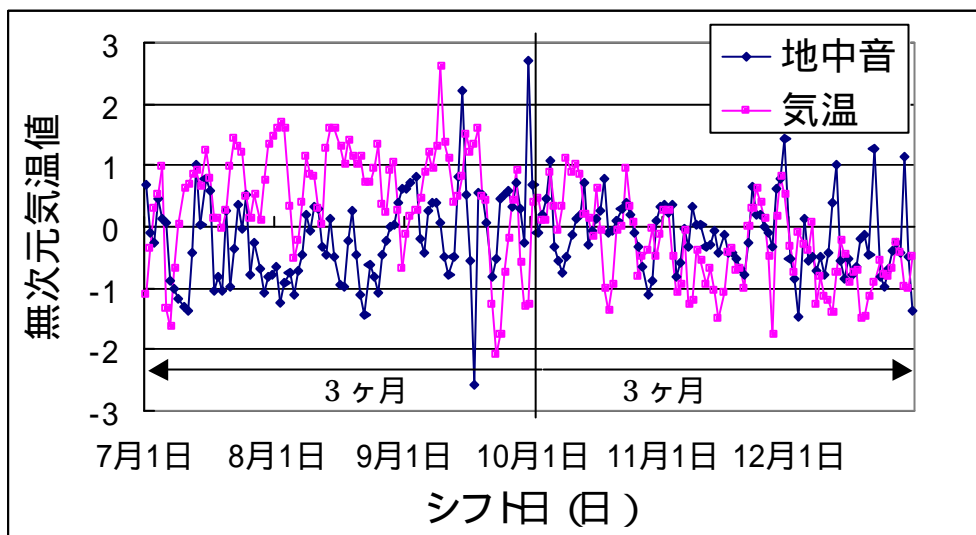


図 13 地中音と気温の比較

5.2 仮説

6ヶ月分の地中音を3ヶ月シフトさせて気温と比較する場合、前半の3ヶ月を正負逆にする²と一致する確率が高くなる。

仮説の検討

図14に示すように、地中音は4月1日から3ヶ月分を正負逆にして、7月1日から3ヶ月分はそのままデータとして気温データ上で3ヶ月シフトさせて、データの正負と傾きの一致確率を求めた。この結果を表3に示す。また、²値を求めて信頼性について検討した。

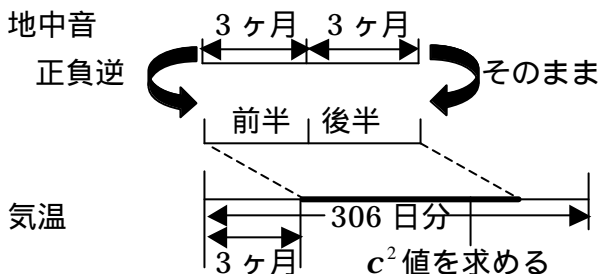


図14 検討に用いる比較方法

表3 正負逆にした場合の一致確率

比較した気温の日 (シフト日数)	正負の一致 確率(%)	傾きの一致 確率(%)
7月1日(92日後)	67	50

結果より、データの正負の一致確率は正負逆にする前に比べて約10%上がったが、傾きの一致確率はほとんど変わらなかった。しかし、傾きには緩やかなものや急なものがあり、比較する上で不確かなものであると言える。

図15はこの時の地中音と気温を比較したものである。この二つのデータにおいて統計学的に明らかに外れていると思われるものについて取り除いて処理して c^2 値を求めたところ、 c^2 値は87.0となった。これより、75%の確率で信頼できるものであった。

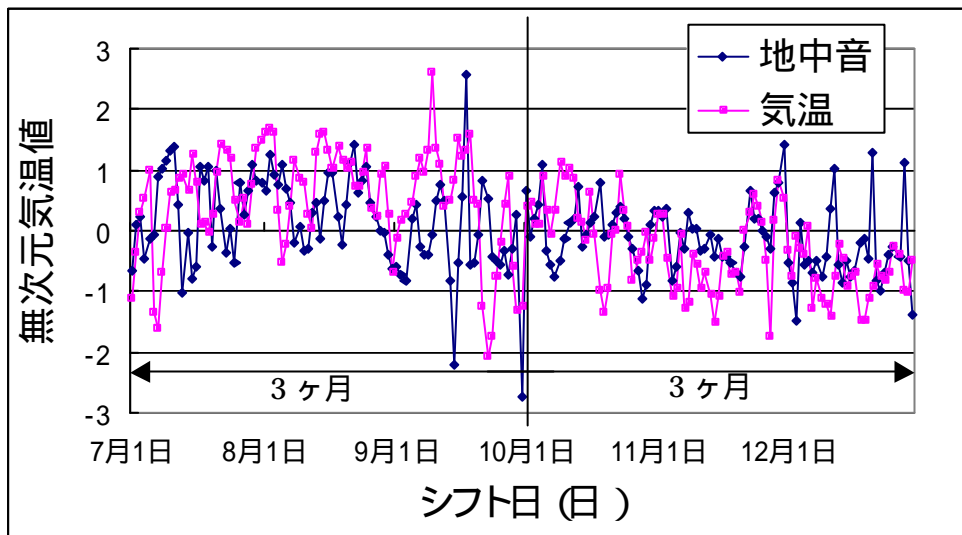


図15 地中音と気温の比較

6 結論と今後の課題

6.1 結論

地中音は75%の確率で3ヶ月後の気温予測を行うことができる。ただし、次の表のような条件がある。

表4 地中音と気温の類似条件

地中音	条件	気温	信頼性
4/1～6/30	正負逆にする	7/1～9/29	75%
7/1～9/30	そのまま	9/30～12/30	

6.2 今後の課題

1) データの蓄積

今回は地中音データも気温データもデータ量が少なかった。このような研究を行う場合には、もっと多くのデータが必要不可欠である。

地中音データも気温データも1時間毎のデータから1日毎のデータとして比較を行った。もっと細かい単位で比較を行い、3ヶ月予測の精度を上げる必要がある。

2) 地中音データの分け方

4月から9月のデータしか無かったために、必然と前半3ヶ月と後半3ヶ月という分け方になった。データが多くなるとこの分け方を再検討する必要がある。

3) 比較方法の検討

今回は地中音データと比較する気温データには、平年より暑くなるのか、寒くなるのかという概念を持たせて比較を行った。気温のデータのとり方で、全く違った結果になることが考えられる。

4) 他の地域における検討

今回は地中音データも気温データも長岡で測定されたものを用いた。他の地域で行った場合、全く違った結果になることが十分に考えられる。

参考文献

- 1) 酒井與喜夫：カマキリの卵のうの高さと最大積雪深との相関に関する実証的研究、長岡技術科学大学大学院工学研究科博士論文、1997
- 2) 象観測情報（国土交通省長岡国道工事事務所提供）
- 3) 小寺平治：新統計入門、裳華房、1996