

55 水文諸量に関する新しい時系列解析手法と応用例

国土防災技術(株)
九州大学地震火山観測研究センター
福岡県立八女工業高校
元佐賀大学

○榎田充哉, 福田睦寿
清水洋, 福井理作
市川仁士
岸原信義

1. はじめに

水文諸量の中には相互に関連がある2変量, 例えば降雨と地下水位などがあり, 両者の応答関係が変化した時期と変化量を調べる場合, 2変量の応答関係を考慮した時系列解析が必要となるがその手法は必ずしも確立されていないのが現状である。

筆者らはこれまで水文量に関する2変量の時系列解析手法について研究を行ってきたが, 既往の統計手法などを組み合わせることにより, 応答関係の変化の有無や変化時期・変化量などを調べるための時系列解析手法を提案し, 島原での火山活動に関連した地下水位変動の異常時期を検出して手法の有効性を示している(榎田ら, 1994)。

その後, 様々な水文量その他, 降水量と地すべり移動量との応答関係などについても解析を行い手法の改良を行ってきた。本発表では新しい手法を紹介すると共に降水量と地すべり移動量の応答関係や島原でのその後の地下水位変動の異常時期検出, 気温と地下水温の応答関係の解析事例などを紹介する。

2. 解析手法

筆者らの従来の方法は水文諸量の起源の1つである降雨を実効雨量に変換し, 目的変量との相関から時差も考慮した最適実効雨量を求めた上で, 移動平均と基準化の処理を施したDM解析(Double Mass Analysis)によって視覚的に応答関係の変化の時期を調べ, その統計的な有意性を共分散分析により確認するという手法であった。共分散分析の修正平均値を用いて応答関係の変化量の定量的な把握を行った。この手法も有効な解析手法であるがいくつかの問題点を含んでいた。

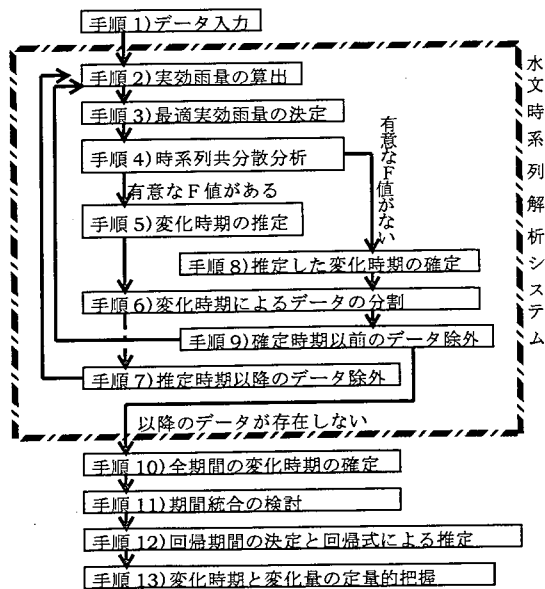


図1 新しい解析手法の流れ

新しい解析手法の特徴の1つは今回新たに時系列共分散分析と名付けた解析手法を導入したことである。

この手法は対象期間内に応答関係の変化する時期が1つ存在すると仮定し, 仮定した境界位置を解析対象期間の最初から逐次移動させながら境界の前後期間で共分散分析を行い, 境界位置毎のF値の時系列データを作成して, 有意なF値のピーク位置を検出するものである。応答関係の変化時期が複数存在する場合は, それらが複合された位置にピークが生じることもあることから, このピーク位置を変化時期の1候補として仮決定し, 解析対象期間をその位置より前の期間に絞り込む。解析対象期間を変える毎に最適実効雨量を求め直し, 上記操作を有意なF値が検出されなくなるまで繰り返す。これで1つの期間が確定する。全期間での変化時期が確定した後, 回帰期間を決定して回帰式を求め, 回帰式による推定値と実測値の違いを期間区分毎に調べ, この差によって変化量を評価する。

3. 解析手法の適用事例

3.1 降雨と地すべり移動の応答関係

図2はA地すべり地の日降水量と日移動量を5日単位に集計し, 両者の応答関係の変化時期を調べた結果である。回帰期間での回帰式により推定した推定移動量と観測移動量を時系列図に示し, 期間区分を併記している。観測値と推定値の時系列図はほぼ相似形であるが, 値は平成10年8月頃から観測値が大きくなり平成11年5月中旬に大きさが逆転している。

表1 全期間の期間区分と最適実効雨量

No	期間	データ数	最適実効雨量		
			半減期	時差	相関係数 r
1	1998/6/5 ~ 1998/8/8 (回帰期間: $Y = 0.5703X + 9.2192$)	13	15日	5日	0.8962
2	1998/8/9 ~ 1998/10/7	12	35日	0日	0.9319
3	1998/10/8 ~ 1999/3/16	32	15日	5日	0.9648
4	1999/3/17 ~ 1999/5/15	12	5日	5日	0.5331
5	1999/5/16 ~ 1999/8/8	16	10日	5日	0.8672
6	1999/8/9 ~ 1999/8/28	5	5日	0日	0.1213

表2 5日間移動量の変化

時期	観測値平均 (mm)	推定値平均 (mm)	移動量差 (mm)	移動量比 (%)
回帰期間	62.2	62.2	0.0	100
第2期	278.9	151.6	127.3	184
第3期	76.8	32.6	44.2	236
第4期	121.5	49.6	71.9	245
第5期	30.2	64.7	-34.5	47
第6期	2.4	104.6	-102.2	2

表1に確定した期間区分と期間毎の最適実効雨量のパラメータの比較表を示す。表2は各期間毎の5日間移動量の変化を推定値との差および比率で示したものであるが, 第2期から第4期が活発で, 第5期

は第4期より5日間移動量が100mm程度小さくなり、第6期は更に70mm程度小さくなっていることがわかる。

当該地の地下水排除工は2つの工区で実施し、若干施工時期がずれているが、第5期への移行期と第6期への移行期がほぼ工事の進捗状況と一致している。

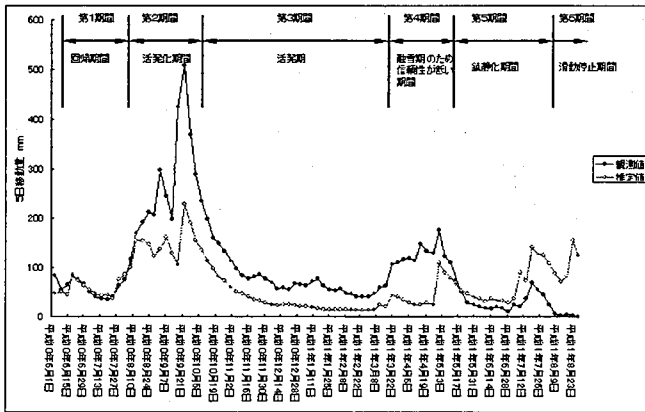


図2 地すべり移動量の実測値と推定値の時系列

3.2 降雨と地下水位の応答関係

図3は島原市内の川本宅井戸の降雨対地下水位応答解析の結果を時系列図で示したものである。時系列図からは第1期と第2期の違いが明確でないが、観測値と推定値の期間平均値で比較すると第2期間では観測値が平均で約6cm高い。第3期は時系列図でも明らかに観測値が高いことがわかるが、期間平均で約20cm水位が上昇している。この時期は雲仙普賢岳の活発な活動時期と一致している。その後第5期は低水位期となっているが、第6期では回帰期間の水位とほぼ同レベルまで回復している。

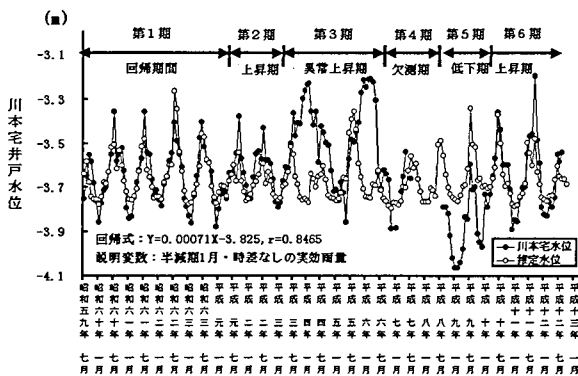


図3 川本宅井戸水位の実測値と推定値の時系列

3.3 気温と水温の応答関係

図4は島原市内の気温と鯉の泳ぐ町湧水の水温との応答関係を解析した結果で、時系列図に実測値と推定値を示している。平成10年頃までは典型的な季節変動を示しているが平成11年頃から水温の実測値が予測値より徐々に大きくなっている。表3は傾向を鮮明にするために年度別に実測値と観測値のの平均値を集計したものであるが、平成11年以降が0.5℃以上予測値より高くなっている。

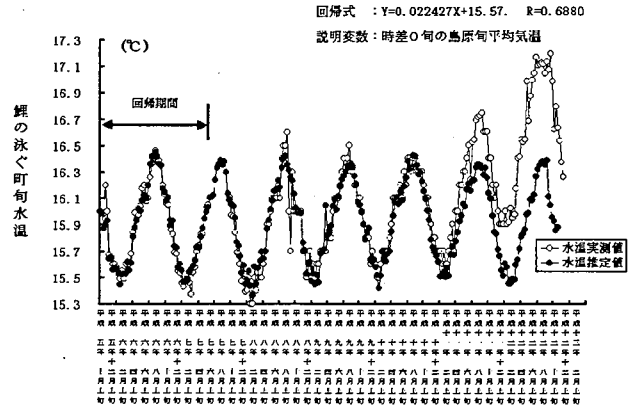


図4 鯉の泳ぐ町水温の実測値と推定値の時系列

表3 鯉の泳ぐ町水温の年度別集計表 (°C)

期間	水温観測値	水温推定値	推定差
回帰期間	15.81	15.85	-0.04
平成8年	15.86	15.90	-0.04
平成9年	15.94	15.93	0.01
平成10年	16.01	15.97	0.04
平成11年	16.17	15.63	0.54
平成12年	16.67	15.93	0.73

4. あとがき

これまで種々の水流量や水流量以外の時系列データについて2変量の応答関係を解析してきたが、何れの場合も応答関係の有無や変化時期、変化量の解析に良好な結果を得ている。今回はそれらの研究成果の一部を取りあげた。

島原市内では平成3年頃からの火山活動の活発化に伴い市内各地で地下水位や水温の異常などが報告されていた。これらの異常時期について解析を行ったが、地下水位等の異常時期が火山活動の活発化時期と重なっている。平成7年には噴火活動がほぼ停止状態になったが、地下水位や水温などの異常現象は以前と違った形で現れており、このことが今回の時系列解析でも裏付けられた。

<参考文献>

- 1) 溝口敏行, 浜田宗雄(1969): 経済時系列の分析, 勁草書房
- 2) Andrew Harvey (国友直人, 山本拓 翻訳) (1985): 時系列モデル入門, 東京大学出版会
- 3) 本田正久(1986): BASICによる予測入門, 共立出版
- 4) 鈴木栄一(1968): 気象統計学, 地人書館
- 5) 応用統計ハンドブック編集委員会(1989): 応用統計ハンドブック, 養賢堂
- 6) 榎田充哉ほか(1994): 水文諸量の時系列解析手法に関する検討(1)-降雨と地下水位の応答解析-, 水文・水資源学会誌, Vol.7, No.3, pp.177-187
- 7) 岸原信義ほか(1988): 植生条件の変化が流況に及ぼす影響に関する検討, 日本林学会大会講演集 99回, pp.162