

自己組織化マップを用いた東京都各自治体における 年平均地下水揚水量の変動パターン解析

首都大学東京	都市環境学部	学生員	○久保 英二郎
東京都	建設局	正会員	石原 成幸
首都大学東京	都市環境科学研究科	正会員	河村 明
首都大学東京	都市環境科学研究科	正会員	天口 英雄

1. はじめに

東京都内における地盤沈下は明治時代より認められており、その原因は地下水の過剰揚水にあることが第二次世界大戦期において明らかになった。その後、戦後の急速な経済発展に伴い地下水揚水量（以下「揚水量」と記す）が増大し、地盤沈下や臨海部における地下水の塩水化等の被害は深刻化した。これに対し、東京都では法令に基づいた揚水規制等により地下水の管理・保全を行ってきた。その結果、揚水量は大幅に減少し地盤沈下は沈静化している。一方、近年は地下水位の上昇傾向も頭打ちとなっており、地盤沈下を引き起こす以前の状態までには回復していない。

また最近では、地下水を災害時の非常用水源やヒートアイランド対策への活用など、地下水利用への社会的要望が高くなっている。しかしながら、地盤沈下対策には多くの歳月と労力を費やしてきた経緯があり、再び揚水量が増加した場合には地盤沈下の再燃が懸念される。これらの理由から地下水利用については慎重に検討する必要がある¹⁾。

このように著しい変遷を続ける東京都内の地下水環境に対し、本研究では自治体毎の地下水揚水量に着目し、その変動傾向について解析を行った。しかし自治体毎における揚水の目的・用途は大きく異なり、その変動傾向には統一性が見られない為、目視による検討は困難である。そこでニューラルネットワークを利用したパターン分類手法の一つである自己組織化マップ（Self-Organizing Maps, 以下「SOM」と記す）を用い、長期的な揚水量の変動パターンの解析を図るとともに、SOMの有用性を示した。

2. 使用データ及び SOM の適用

(1) 使用データ

データは都内 53 区市町村（島嶼を除く）のうち奥多摩町、檜原村において欠測が見られたため、これらを除く 51 区市町村（以下「自治体」と記す）の、平成 16 年から平成 25 年までの 10 箇年について、東京都環境局が公表している各月の揚水量から算出した年平均日揚水量の値を用いた。なお揚水量は各自治体によって絶対量が大きく異なり、生データを SOM に直に入力すると分類がほぼ揚水量の多寡によって決定されるため、ここでは各自治体での各年の揚水量に対して 10 箇年の平均値で除した値（以下「平年比」と記す）を SOM に入力した。

(2) SOM の適用

SOM は複雑な多次元成分のデータを、その類似度に従い二次元平面であるノードマップに分類することで、データ間の相互関連性について視覚的な表現が可能な分類手法であり、データの特性抽出に優れている。図-1 には、今回適用した SOM ノードマップを示す。入力データ数は、10 次元（10 箇年）で構成される 51 データ（51 自治体）である。SOM のノード数は入力データ数に基づく経験式から近似的に求められ、今回は 35 となる。またノードマップの縦横比は固有値ベクトルの成分比から 7×5 と決定した。SOM ノードマップの各ノードには、入力ベクトルと同じ次元を持つ参照ベクトルが配置されており、入力ベクトルの特徴は繰り返し学習の結果、この参照ベクトルによって表現される。次に、SOM で得られた参照ベクトル（ノード）のクラスター化を行った。本研究ではクラスターの最適数を K-means 法に基づく最小 DBI 値（Davies-Bouldin Index）により決定し、クラスター分類はウォード法を用いた²⁾。

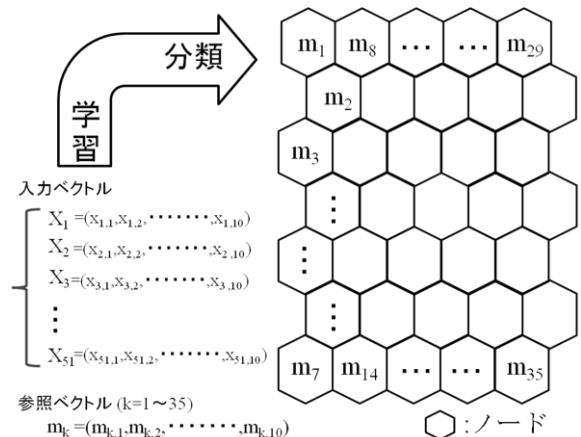


図-1 SOM のノードマップ (7×5 のノード配列)

キーワード 揚水量, 地下水位, 地盤沈下, 東京都, 自己組織化マップ

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 E-mail : kubo-eijiro@ed.tmu.ac.jp

3. SOMによる揚水量変動パターンの解析結果

図-2には、SOMを適用して得られた9クラスターから成るノードマップを示した。ノード内の数字はそのノードに分類された自治体の数を表している。表-1では9クラスターをウォード法に基づき類似性の高い4つのグループに大別し、各グループに属する自治体を示した。また図-3には各グループの10年間の変動特性を平年比により示した。

4. 揚水量変動パターン特性についての考察

ここでは、上記のSOM解析によって得られた4つのグループのうち、特に特徴的な変動パターン特性を有するグループ2・3について考察する。

(1) グループ2の変動パターン特性について

表-1および図-3より、グループ2には分類された自治体では、特に平成17年における揚水量が大幅に減少していることが明らかになった。その主な要因は、東京都の報告書から主に工場や指定作業場（病院やガソリンスタンド等）からの揚水量の減少にあることを確認した³⁾。

(2) グループ3の変動パターン特性について

同様に、グループ3に分類された自治体の揚水量は漸減傾向にあり、その中でも平成23年の揚水量が一時的に減少していることが判明した。当該年は東北地方太平洋沖地震の発生年であり、都内では地震後の3・4月と12月を中心に多摩部の水道水源の揚水量が減少していた。この要因は主に地震に伴う計画停電等による地下水揚水の停止並びに水道水源井の誤接続が発覚したことによる点検のための揚水停止であることが明らかになっている⁴⁾。表-1より、本グループには多くの多摩部の自治体が分類されており、都内の全揚水量の約6割が多摩部における水道水源であることと整合性が高い結果となっている³⁾。

5. むすび

本研究では東京都内の51自治体の10箇年の年平均日揚水量データを用い、SOMを適用して長期的な揚水量の変動パターン特性について解析した。その結果、近年の揚水量の変動パターンは9クラスターとなり、また4グループに大別できることを明らかにした。

対象とした10箇年では、平成17年並びに平成23年において特徴的な変動が見られた。特に平成23年は、多摩部の広い範囲において揚水量が減少しており、震災の発生が地下水の揚水状況に大きな影響を及ぼしたことが確認できた。

また平成26年には水循環基本法が制定されており、同法において地下水が公共性の高い水と位置付けられ、水循環を考慮した水資源の適切な管理が重要であると示された。そこで今後は、隣接する県等を含めた範囲を対象として解析を進めることで、関東圏における広域的な水資源の管理・保全に寄与できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 遠藤毅, 川島眞一, 川合将文: 京下町低地における”ゼロメートル地帯”展開と沈静化の歴史, 応用地質, 第42巻, 第2号, pp74-87, 2001.
- 2) Hilario, L. G. and Ivan, M. G.: Self-organizing map and clustering for wastewater treatment monitoring, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol.17, pp.215-225, 2004.
- 3) 東京都環境局: 平成16年~平成25年 都内の地下水揚水の実態, 地下水揚水量調査報告書, 2004~2013.
- 4) 石原成幸, 河村明, 天口英雄, 高崎忠勝, 高橋泰之, 川合将文: 自己組織化マップを用いた東北地方太平洋沖地震発生前後での東京の年間地下水位変動特性, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.70, No.4, I_1129-I_1134, 2014.

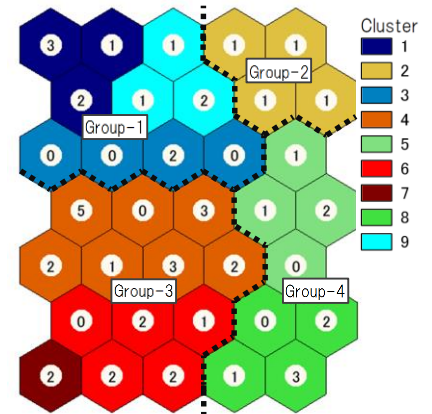


図-2 クラスターの分類結果 (数値:自治体数)

表-1 グループ毎の自治体の分布状況

グループ	分類	自治体	
		区部	多摩部
No.1	Cluster-1	江東区	立川市 小金井市 日野市 西東京市 日の出町
	Cluster-3	墨田区 大田区	
	Cluster-9	世田谷区 渋谷区	八王子市 多摩市
No.2	Cluster-2	中野区 荒川区 葛飾区	瑞穂町
		港区 新宿区 杉並区 板橋区 練馬区 足立区 江戸川区	三鷹市 青梅市 府中市 町田市 国分寺市 国立市 清瀬市
No.3	Cluster-4		武蔵村山市 羽村市 武蔵野市 昭島市 東村山市 福生市 狛江市 東大和市 あきる野市
	Cluster-6		
No.4	Cluster-7	千代田区 文京区	
	Cluster-5	中央区 台東区 品川区	稲城市
	Cluster-8	目黒区 豊島区	調布市 小平市
		北区	東久留米市

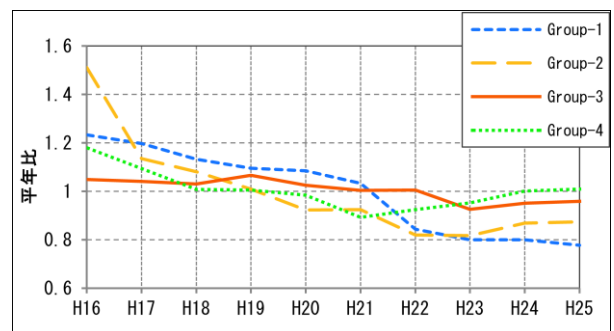


図-3 グループ1~4における揚水量の変動特性