

GISを援用した広域地盤沈下地域における地下水位変動成分の空間解析

地下水位 地盤沈下 地理情報システム

茨城大学工学部 国際会員 村上 哲
 茨城大学工学部 国際会員 安原一哉
 茨城大学工学部 国際会員 小峯秀雄
 茨城大学工学部 学生会員 愛澤有一
 茨城大学大学院 学生会員 望月紀子

1.はじめに

地下水揚水は、長期的な変動を持つ工業・生活揚水と1年周期で変動する農業・消雪揚水によるものであることから、地下水位変動もこれらの成分として捉えることができると考える。したがって、地下水揚水が主要因の地盤沈下地域において、これらの地下水位変動成分を把握することは、地下水管理を行う上で重要であると考えられる。本研究では、関東平野北部の地盤沈下地域を対象とし、観測データを利用した地下水位の時系列解析と有限要素法による地下水浸透流解析により地下水位の長期的な変動成分と短期的な変動成分を求めた。そして、地理情報システム(GIS)を用いて空間的に表示し、地盤沈下との関連性について分析を行った。

2.地下水位変動の捉え方と地下水位変動成分の空間解析法

地下水を利用している地域において、地下水位 h は揚水が行われない場合の地下水位（以後、自然地下水位と呼ぶ） h^n と地下水揚水による水位低下量 Δh により次式で表される。

$$h = h^n - \Delta h \quad (1)$$

わが国における地下水の揚水の主な用途は、継続的に揚水が行われる工業用、生活、建物用と季節的に揚水が行われる農業用、消雪用などである。これらの揚水の需要は地域の生活・生産活動の変化に伴う変動と例えば年間の降雨・降雪量の変化に伴うような変動があると考えられる。生活・生産活動の変化はゆるやかである。一方、気象変化は1年のスケール毎に考えた場合はほとんどランダムなものであると考えられる。すなわち、揚水の需要の長期的、短期的変動に応じて、地下水位の変動も長期的な変動と短期的な変動とに分けて考えることができる。

そこで、地下水揚水による水位低下量 Δh が長期的な地下水位低下量 Δh^L と短期的な地下水位低下量 Δh^S の和として表されると考える。

$$\Delta h = \Delta h^L + \Delta h^S \quad (2)$$

図-1 は上記の考えに基づいて、栃木県野木町における観測井の地下水位の変化¹⁾から各低下成分を模式的に示したものである。これら地下水位変動成分について、本研究では、図-2 に示す解析方法により求めた。

まず、長期的な地下水位と1年周期の短期的な地下水位変動を地下水位観測結果を用いた地下水位時系列解析²⁾により求める。長期的な地下水位は、図-3 に示すような移動平均を用いた地下水位時系列解析により1年周期で変動する成分を取り除いた地下水位のトレンドを求め、これを地下水位の高い位置に沿うようにスライドさせた。また、短期的な地下水位変動は観測地下水位から長期的な地下水位との差をとることによって求める。対象領域に存在する観測井において、上述の手法により短期的な地下水位低下量を算出した後、これらの位置情報を用いてGISにより空間分布を描画することにより、地域特性を把握することができる。

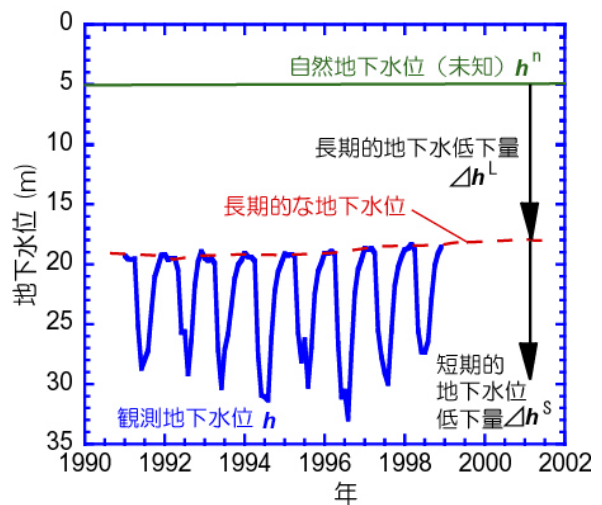


図-1 地下水位変動成分を示す模式図（野木町の例）

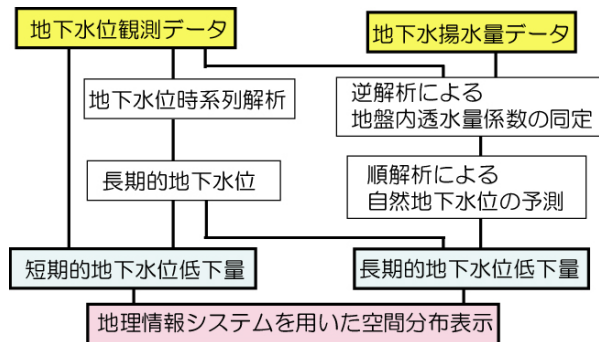


図-2 地下水位変動成分を求めるためのフロー

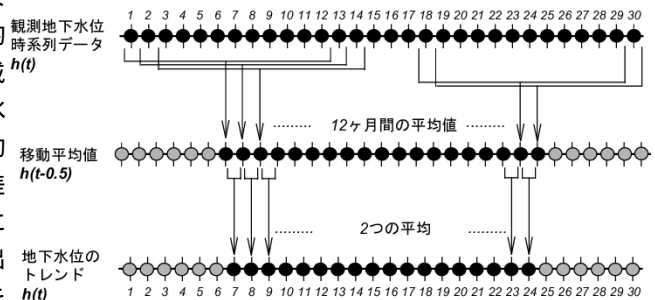


図-3 移動平均を用いた地下水位時系列解析の模式図

つぎに、自然地下水位から長期的な地下水位の差である長期的地下水位低下を求める。そのために、対象域における地盤内透水特性と境界条件を適切に定めることができれば、解析的に求めることができる。すなわち、有限要素法による浸透流解析が有用なツールとなる。対象地域において地盤内透水量係数が既知であれば地下水浸透流解析により比較的簡単に求めることができる。しかし、対象地域が広領域で地盤内透水量係数が取得できない場合は、地下水位観測結果と地下水揚水データを用いた逆解析手法²⁾により地盤内透水量係数を同定し、その結果を用いた順解析により、揚水を行わない場合の自然地下水位を予測することができる。なお、長期的な地下水位低下量の空間分布は、上述した GIS を利用することによって短期的な地下水位低下量の空間分布同様可視化できる。

3. 関東平野北部における広域地盤沈下地域への適用

上述した地下水位変動成分の解析方法を関東平野北部の広域地盤沈下地域に適用し、地下水位変動成分と地盤沈下の関係について分析を行う。用いたデータは、図-4 に示した過去 10 年間のおよそ 70 地点の地下水位観測データである。また、自然地下水位を求めるための地盤内透水量係数と境界条件は愛澤らが行った逆解析の結果³⁾を用いた有限要素法による地下水浸透流解析により算出した。なお、用いた座標系は UTM である。

図-5 は地下水位観測点において上述した地下水位時系列解析を行い各年における短期的地下水位低下量の最大値を求め、それを平均したものを GIS 上で面的に展開したものである。表示結果より、栃木県・茨城県県境付近と茨城県西部で大きな地下水位変動が生じていることが分かる。図-6 は、長期的地下水位低下量の分布を表示したものである。表示結果より茨城県・栃木県・埼玉県・千葉県の県境付近および、群馬県において広い範囲で地下水位の低下が認められる。特に茨城県と埼玉県の県境付近と群馬県東部では他の地域と比較して大きな地下水位低下が生じている。

図-7 は、対象地域において 1990～1994 年に観測された累積地盤沈下量を可視化したものである。地下水位変動による地盤沈下は、上述したように地下水位の長期的な、あるいは、短期的な低下量の成分によるものであると考えるとそれらにより生じる地盤沈下も地域性を有すると考えられる。図-5～7 を比較すると、栃木県南部と茨城県西部で地下水位の短期的な低下の影響を受ける地盤沈下地域であり、埼玉県および茨城県の県境付近は、長期的な地下水位の低下の影響が大きい地盤沈下地域と考えられる。

4. まとめ

地下水変動成分について長期的および短期的な成分とに分けて考え、これらの成分について地下水時系列解析と地下水浸透流解析により求めたあと、GIS を用いて空間分布を作成し、地下水変動の地域特性を明らかにした。得られた成果は、地盤沈下対策としての地下水位管理において、重要な情報の 1 つとなると考えらる。

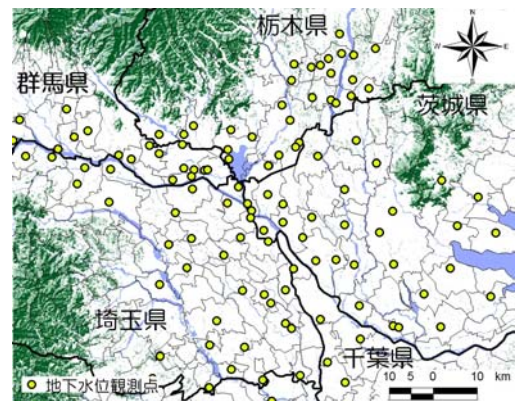


図-4 地下水位観測点



図-5 短期的地下水位低下量の分布 (単位 m)



図-6 長期的地下水位低下量の分布 (単位 m)



図-7 1990-1994 年の累積地盤沈下量分布 (単位 mm)

【謝辞】本研究の一部は、日産科学振興財団の研究助成を戴いて行なったものである。ここに付記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 栃木県企画部水資源対策室：地下水位年報（第 20 回）,1999. 2) 村上ら：GIS を用いた関東平野北部地域の地下水・地盤沈下の分析,地下水技術,Vol.43,No.10,pp.11-22,2001. 3) 愛澤ら：地下水流動逆問題における統計的指標を用いた地盤内透水量係数のゾーニングと同定、第 37 回地盤工学研究発表会講演概要集,2002(投稿中)