

3. 適用例：ここでは、きわめて理想化された不圧帯水層の同定問題を解析した結果を述べる。

問題は図-3にみられる放射状領域を対象とする。帯水層は等方性で水平とし、最遠部の境界は不透水境界で初期水位は10mを与える。この放射状領域の原点側(節点1,2)の外水位を 0.1 m/day の速さで10日間低下させ、以後一定(水架9m)に保った場合(Case1)と、同様に原点側(節点1,2)の外水位を10日間低下させた後、2日間は 20 m/m の降雨があり、その後降雨は 0 m/m とした場合(Case2)の2種類を想定した。

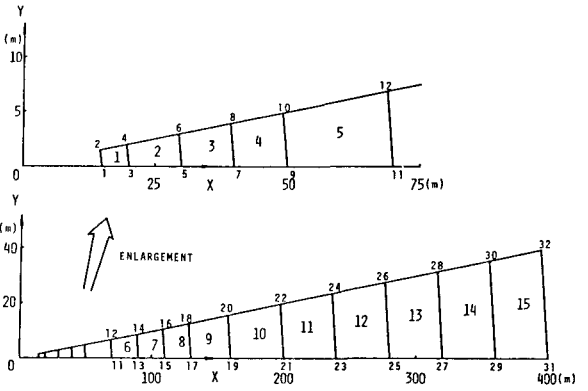


図-3 放射状領域

ここで、それぞれの場合につき帯水層定数として、 $k = 8.64 \text{ m/day}$, $\beta = 0.3$ を用いてFEM解析を行なった結果をこの放射状領域の実測水位とみなす。つまり逆解析すべき帯水層定数は、 $k = 8.64 \text{ m/day}$, $\beta = 0.3$ となる。以上の条件のもとに種々の状況を想定して解析を行なった。それらのうち表-1, 表-2にはそれぞれ、初期値に $k = 47.52 \text{ m/day}$, $\beta = 0.2$ を与え図-3の放射状領域の節点番号3と29に観測点を設けた場合のCase1とCase2の各手法における解析結果を示している。表-1の結果をみると、透水係数 k と貯留係数 β の値はそれぞれ真の値($k = 8.64 \text{ m/day}$, $\beta = 0.3$)から掛け

表-1 Case1の解析結果

降雨無し(真値 $k = 8.64 \text{ (m/day)}$, $\beta = 0.3$, $k/\beta = 28.8 \text{ (m/day)}$)

解析手法	反復回数(回)	浸透解析総数(回)	透水係数 $k \text{ (m/day)}$	貯留係数 β	$k/\beta \text{ (m/day)}$	演算時間(S)
修正 Marquardt 法	6	20	138.866	4.86	28.60	7.05*
Gauss - Newton 法	7	26	58.167	2.03	28.68	7.04*
Simplex 法	11	31	8.012	0.30	27.08	27.93
Hooke - Jeeves 法	18	73	8.520	0.30	28.52	52.91
Powell 法	2	47	16.646	0.58	28.47	38.30

* 東京大学大型計算機センター (M-682 H), 他は徳島大学情報処理センター (M-360)

離れているものがある。これは、降雨が無い場合には k と β の値にかかわらずそれらの比 k/β が等しくれば帯水層内の時間的水位変動がまったく等しくなってしまう、という事実に起因している。すなわちこの場合には、 k と β の真値をそれぞれ独立に探索するのではなく、その比 k/β の真値を探索しているのである。そこで、 k/β の値をみてみると、どの手法においても真のそれ($k/\beta = 28.8 \text{ m/day}$)に対し満足し得る結果が得られている。なお、初期値の比の値は、 $k/\beta = 237.6 \text{ m/day}$ である。一方、降雨の有る場合には、 k と β の値をそれぞれ独立に求めることができ、表-2にみられるようにほとんど正解そのものが探索されている。

表-2 Case2の解析結果

降雨有り(真値 $k = 8.64 \text{ (m/day)}$, $\beta = 0.3$)

解析手法	反復回数(回)	浸透解析総数(回)	透水係数 $k \text{ (m/day)}$	貯留係数 β	演算時間(S)
修正 Marquardt 法	6	20	8.575	0.30	8.58*
Gauss - Newton 法	4	14	8.577	0.30	9.01*
Simplex 法	28	81	8.648	0.30	113.56
Hooke - Jeeves 法	20	73	8.708	0.30	106.85
Powell 法	4	109	8.539	0.30	149.27

* 東京大学大型計算機センター (M-682 H), 他は徳島大学情報処理センター (M-360)

これらの解析例より、目的関数の勾配を利用する手法(修正 Marquardt 法及び Gauss-Newton 法)は勾配を利用しない他の手法に比べて収束までに用いた浸透解析(FEM解析)数が少なく効率が良いことがわかる。

4. おわりに：本研究では帯水層定数同定のために、非線形計画法として修正 Marquardt 法, Gauss-Newton 法, Simplex 法, Hooke-Jeeves 法及び Powell 法を採用した。そして均質な不圧帯水層で数値実験を行なった結果、各手法とも良好な探索結果を得ることができた。計算コストの面では目的関数の勾配を利用する手法が勾配を利用しない手法より効率の良いことがわかった。今後他の非線形計画法を用いた解析、実際問題への応用などさらに検討してゆくことが望まれる。

[参考文献] 1) 山上ら：非線形～，第38回中四土木学会，昭和61年。2) 中川徹・小柳喬夫：最小二乗法による実験データ解析プログラムSALS，東京大学出版会，1984。3) 山上ら：平面地下水～，第19回土質工学会，昭和59年。