

# 2変数対数正規分布を用いたダム補給量の確率的予測

小葉竹 重機\*

旬平均流量が対数正規分布に従うことから、ある旬とそれに続く旬の流量の同時分布に2変数対数正規分布を適用しこれから遷移確率を求め、さらに旬流量は単純マルコフ過程に従うとして、ある旬を出発旬として向こう3旬間の補給量の分布を計算する方法を示した。2変数対数正規分布の適用の妥当性、マルコフ過程の仮定の妥当性、得られる情報の利用方法などについて記述した。

**Keywords** : water deficit, water release, bivariate log-normal distribution, transition matrix

## 1. はじめに

ダム管理者にとって夏期の水需要期をどう乗り切るかは重大な関心事である。とくに近年の降水量の減少傾向によって、冬期の降雪量が少ないだけではなく、続く春期、梅雨期の降雨量も少ない場合には、その対応に腐心することになる。将来の降雨量予測が実用の段階にはない現状でも、何らかの形で将来の予測を盛り込んだ形で水量管理が必要とされている。本報告は比較的短い期間の資料から旬流量の遷移確率を求め、これから将来1カ月間の補給量の分布を計算し、この確率と将来の降雨量確率とが一對一に対応するとして補給量を予測する方法を示したものである。ここで、連続する旬の流量の同時確率分布には2変数対数正規分布を適用し、また、旬流量は単純マルコフ過程に従うと仮定した。

以上のように、本報告で用いる手法は既往の手法を用いたものであり、実用性の観点からその中でもとくに取扱いの易しい理論で構成したものである。したがって本報告の意義は、連続する旬流量の同時分布に2変数対数正規分布をあてはめることの妥当性と、単純マルコフ過程の妥当性の検討、さらには結果として得られる補給量の確率分布の解釈にあり、これらに重点をおいて記す。

## 2. 解析対象流域と用いた資料

解析の対象流域は利根川の栗橋上流域で、流域面積は約8600 km<sup>2</sup>で上流には建設省、公団の利水目的をもつダムが合計7ダム(酸性河川対策の品木ダムは除く)ある。利根川ダム統合管理事務所の低水時の管理は、幹支川および派川の複数の基準点の流量を対象に行われるが、ここではその主要な基準地点である栗橋地先の流量を対象にする。対象とした期間は5月から9月までの5

カ月間であるが、この間の平均的な管理状況は、5月上旬から中旬にかけて融雪水を貯水して各ダムとも満水とし、以後9月末まで必要に応じて補給を行っていくというものである。

用いた資料は昭和30年から平成2年までの36年間の旬平均流量である。ここでいう流量とは栗橋地先の流量に、各ダムの流入量から放流量を引いたものを加え、さらに利根大堰取水量を戻したもので、いわゆる栗橋地先自然流量というべき量である。

## 3. 旬平均流量の遷移確率

### (1) 旬平均流量の確率分布

本来、ある水流量がどのような確率分布に従うかは先験的には定められないが、旬平均流量には対数正規分布をあてはめることが多いようである。これは必ずしも他の分布と比較して一番よく適合するから、という積極的な採用ではなく、適合すると考えられる分布の中では最も取扱い易い、というやや消極的な採用理由である。しかし、我々はこの取扱い易さの差を補ってなお余りある実用的分布形を持たないことも事実である。本報告でもこうした観点から対数正規分布をあてはめることにした。定数解析には岩井法を用いた。なお、正規分布において変数を与えてその非超過確率を求めたり、逆に非超過確率を与えて変数を求めるには、提案されている近似式<sup>1)</sup>を用いて算出した。

### (2) 旬平均流量の同時確率分布

旬平均流量に対数正規分布をあてはめたので、旬とそれに続く旬の平均流量の同時確率分布として2変数対数正規分布を用いる。2変数正規分布は変数  $x$ ,  $y$  の平均値  $m_x$ ,  $m_y$ , 標準偏差  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  を用いて、 $X=(x-m_x)/\sigma_x$ ,  $Y=(y-m_y)/\sigma_y$  と正規化を行うと次式で与えられる。

\* 正会員 工博 群馬大学助教授 工学部建設工学科  
(〒376 桐生市天神町1-5-1)

$$f(X, Y) = \frac{1}{(2\pi\sqrt{1-\rho^2})} \cdot \exp\left\{-\frac{(X^2 - 2\rho XY + Y^2)}{2(1-\rho^2)}\right\}$$

ただし、 $\rho$  は、 $X$ 、 $Y$  の相関係数である。したがって、正規化した後、相関を計算して上式にあてはめれば当該の旬間の同時分布が得られることになるが、実際に対象としている旬間の変量がこの分布に従うかどうかの判定は別途行う必要がある。

ここで対象としている期間は36年間で、一つの旬間については36個の資料しかない。この程度の資料数で、ある確率分布に従うかどうかを判定するのはかなり難しいので、ここでは確率長円を用いた判断を行ってみる。

いま、指数部の中を定数  $C$  を用いて、

$$X^2 - 2\rho XY + Y^2 = (1 - \rho^2) C^2$$

とおくと、これは確率長円を与える。点  $(X, Y)$  がこの長円内に含まれる確率  $P$  と、定数  $C$  との関係は、

$$P = 1 - \exp(-C^2/2)$$

で与えられる<sup>2)</sup>。

図-1は5月上旬を  $X$ 、中旬を  $Y$  としたときと7月中旬を  $X$ 、下旬を  $Y$  としたときの2例の確率長円を示している。いずれも長円の線上に記してある数字はその内側に含まれる確率  $P$  を、長円の内側に記してある数字は図中黒点で示している資料のうち長円の内側にある個数を全資料数36で割った値である。ただし、(a) 図においては第1象限に、(b) 図においては第2象限に一点ずつ図示の範囲外にプロットされる資料がある。

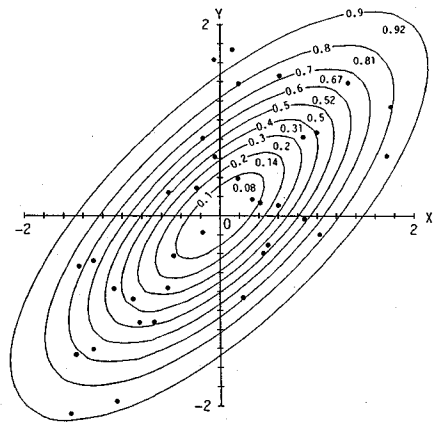
両図とも確率  $P$  と含まれる個数の割合はほぼ等しく、同時分布として2変数対数正規分布を用いてもよいことが窺われる。なお、両図を示した理由は後述の図-3からも分るように、(a) 図は相関の高い場合、(b) 図は相関の低い場合の代表として選んだものである。

以上の検討から、旬間の同時分布として2変数対数正規分布をあてはめてよいと判定される。なお、この際に用いる相関係数  $\rho$  は、厳密には有意性を判定し、有意でない場合には0として計算した方がよいが、後述の図-3を見ても分るように有意の値より小さい値でも、ある程度意味のある情報を提供していると考えられるので、ここでは標本相関係数の値をそのまま用いた。

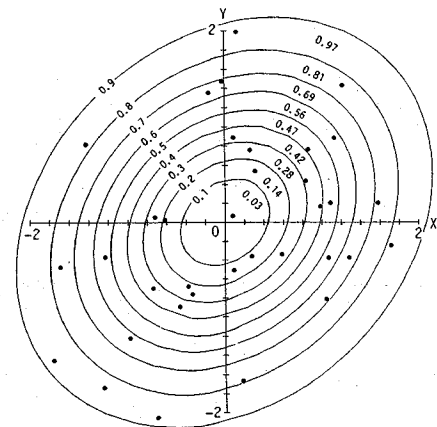
### (3) 旬間の遷移確率

遷移確率はある状態からある状態に遷移する確率であるから、まずその状態を定義しておく必要がある。ここではこの状態を定義するものとして確率年を用いる。確率年は次の8個が平年値2年をはさんで多い方と少ない方に並び、全体で17状態とする。

「500年、200年、100年、50年、20年、10年、5年、3年」これを以下では多い方にプラスの記号+を、少ない方にマイナスの記号-を付けて用いる。また、これらの状態の生起確率は図-2のように、その確率年をはさ



(a) 5月上旬と中旬



(b) 7月中旬と下旬

図-1 2変数対数正規分布の確率長円

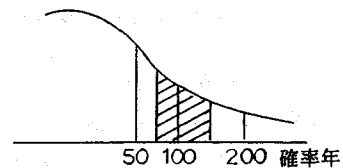


図-2 確率年による離散化の定義

む面積で定義した。以上で離散化が終了したので、 $x$  を固定して  $y$  の条件付確率を計算し、遷移確率を求めた。計算によって得られた遷移確率行列の一例が表-1である。これは表の左半分のみを示したもので、右半分は上下が逆になったもので表される。例えば、+500年から-20年の値は-500年から+20年の値に等しく、-100年から-10年の値は+100年から+10年の値に等しい。

表一 5月上旬から中旬への遷移確率

|       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       | +500年   | +200年   | +100年   | +50年    | +20年    | +10年    | +5年     | +3年     | 2年      |
| +500年 | 0.09616 | 0.12690 | 0.15643 | 0.24372 | 0.18625 | 0.12690 | 0.04754 | 0.01332 | 0.00245 |
| +200年 | 0.06126 | 0.09296 | 0.12859 | 0.22724 | 0.20983 | 0.16918 | 0.07772 | 0.02633 | 0.00592 |
| +100年 | 0.03978 | 0.06774 | 0.10305 | 0.20207 | 0.21811 | 0.20205 | 0.10983 | 0.04354 | 0.01153 |
| +50年  | 0.02320 | 0.04480 | 0.07563 | 0.16613 | 0.21269 | 0.22934 | 0.14983 | 0.07053 | 0.02235 |
| +20年  | 0.00895 | 0.02088 | 0.04121 | 0.10737 | 0.17761 | 0.24055 | 0.20715 | 0.12619 | 0.05240 |
| +10年  | 0.00329 | 0.00910 | 0.02062 | 0.06254 | 0.12995 | 0.21558 | 0.23736 | 0.18188 | 0.09603 |
| +5年   | 0.00080 | 0.00272 | 0.00731 | 0.02664 | 0.07296 | 0.15475 | 0.22947 | 0.23215 | 0.16398 |
| +3年   | 0.00018 | 0.00072 | 0.00227 | 0.00984 | 0.03486 | 0.09302 | 0.18211 | 0.23880 | 0.22134 |
| +2年   | 0.00003 | 0.00015 | 0.00054 | 0.00281 | 0.01307 | 0.04434 | 0.11613 | 0.19983 | 0.24619 |
| -3年   | 0       | 0.00002 | 0.00010 | 0.00065 | 0.00396 | 0.01708 | 0.05986 | 0.13516 | 0.22134 |
| -5年   | 0       | 0       | 0.00002 | 0.00013 | 0.00104 | 0.00564 | 0.02608 | 0.07631 | 0.16398 |
| -10年  | 0       | 0       | 0       | 0.00002 | 0.00020 | 0.00139 | 0.00854 | 0.03340 | 0.09603 |
| -20年  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00004 | 0.00037 | 0.00295 | 0.01433 | 0.05240 |
| -50年  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00001 | 0.00007 | 0.00074 | 0.00467 | 0.02235 |
| -100年 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00002 | 0.00027 | 0.00201 | 0.01153 |
| -200年 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00001 | 0.00010 | 0.00088 | 0.00592 |
| -500年 | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0.00003 | 0.00030 | 0.00245 |

4. ダム補給量の計算

(1) 3旬間の補給量の計算

前章で求めた遷移確率を用いて1カ月間(3旬間)の補給量を求めるにはつぎのようにすればよい。

①出発旬における状態(確率年)Iを指定する。これに対応する出発旬での補給量QIを求めておく。

ただし、旬補給量の計算は次式による。

$$\text{旬補給量} = (\text{大堰取水量} + \text{栗橋確保流量}$$

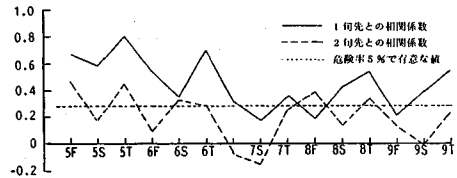
$$- \text{栗橋自然流量}) \times 10 \text{ 日} \times 86400 \text{ 秒}$$

もちろん、栗橋自然流量が大堰取水量と栗橋確保流量の和よりも多ければ、ダムからの補給を行う必要はない。

②Iから次の旬では状態Jになるとする。この遷移確率はT1(I, J)で与えられる。Jの状態に対応する次旬での補給量QJを求める。③さらにもう一つ進んだ旬での状態がKになるとする。その遷移確率はT2(J, K)である。Kの状態に対応する補給量QKを求める。④結局、各旬においてI, J, Kとなる進展で、その間の補給量は(QI+QJ+QK)となる。こうした事象の生起する確率が単純マルコフ過程に従うとすれば、T1(I, J)×T2(J, K)に、さらに最初の旬でIである確率Tiを乗じることによって得られる。⑤以上の計算をI, J, Kの全ての組み合わせ(17×17×17)について行い、そのときの補給量とその生起確率をストアしておく。⑥以上の補給量を階級分けし、それぞれの階級にはいる補給量の生起確率を、その階級ごとに加算していく。これで、ある旬を出発旬として向こう3旬間に、ある階級の補給を行う必要がある確率が計算できたことになる。

以上が3旬間の補給量の計算手順であるが、④で用いる単純マルコフ過程の仮定の検証を行っておく。図一3は各旬を出発旬としたときの、1旬先との相関係数(実線)と2旬先との相関係数(破線)を示したものである。また、図中の横軸に平行な点線は相関係数0.279の線で、危険率5%で相関が有意と考えられる値である。

この図からもわかるように、5月上旬や下旬のように2旬先とも大きな相関をもつ場合がある。また、図示はしていないが、3旬以上先との相関でも0.3を超える場



図一3 1旬先および2旬先との相関係数

表二 実流量によるものと理論値との比較

| 30*86400<br>m3 | 5月上旬から3旬間 |       | 5月中旬から3旬間 |       | 5月下旬から3旬間 |       |
|----------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|                | 実データ      | 理論値   | 実データ      | 理論値   | 実データ      | 理論値   |
| 0-10           | 0.555     | 0.532 | 0.445     | 0.455 | 0.416     | 0.372 |
| 10-20          | 0.156     | 0.132 | 0.083     | 0.085 | 0.023     | 0.054 |
| 20-30          | 0.056     | 0.091 | 0.083     | 0.076 | 0.083     | 0.098 |
| 30-40          | 0.083     | 0.060 | 0.194     | 0.071 | 0.166     | 0.043 |
| 40-50          | 0         | 0.026 | 0.028     | 0.064 | 0         | 0.064 |
| 50-60          | 0         | 0.048 | 0         | 0.039 | 0.056     | 0.060 |
| 60-70          | 0.028     | 0.028 | 0         | 0.024 | 0.028     | 0.029 |
| 70-80          | 0.028     | 0.031 | 0         | 0.044 | 0.028     | 0.036 |
| 80-90          | 0.028     | 0.019 | 0.028     | 0.034 | 0.028     | 0.045 |
| 90-100         | 0.028     | 0.014 | 0         | 0.030 | 0         | 0.040 |
| 100-           | 0.028     | 0.019 | 0.139     | 0.098 | 0.167     | 0.159 |
| 計              |           |       |           |       |           |       |

合があり、このうち7月下旬の3旬先と5旬先、8月上旬の4旬先は旬雨量についての同様な相関も有意な値をとり、気候的特性と考えられる。しかし、このような特異旬を除けば、概して2旬先以上との相関は小さく、実用上は単純マルコフ過程が大略成立すると仮定してもよさそうである。融雪の影響の残る5月も含めて、次節での検証計算からもこのことは立証される。

(2) 実流量資料を用いた補給量計算との比較

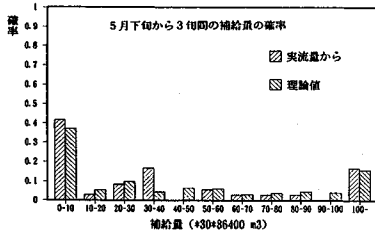
前節での遷移確率を用いた補給量の計算結果を、実流量資料による補給量計算で検証しておく。実流量資料を用いて同じ条件式の基で補給量計算を行い、その結果を同様に階級分けし、その中に入る個数(年数)を36(全年数)で割れば、前節での計算結果に相当する確率に近い量となる。

表二はこのようにして求めた実流量に基づく補給量階級の生起確率と遷移確率から求めたもの(表では理論値と記している)とを比較した一例である。補給量の階級分けは基準の単位を30×86400m<sup>3</sup>として、その0倍から100倍までを10ごとに分けた。また表において100-とは100\*30\*86400m<sup>3</sup>以上に対応させている。

図一4はこの表の5月下旬から3旬間のものを図で表

表一3 5月上旬から向こう3旬間の補給量階級の生起確率

| m <sup>3</sup> | 30*    | +500   | +200   | +100   | +50    | +20    | +10    | +5     | +3     | 2      | -3     | -5     | -10    | -20    | -50    | -100   | -200   | -500   |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0              | 0.9809 | 0.9712 | 0.9599 | 0.9430 | 0.9062 | 0.8591 | 0.7805 | 0.6839 | 0.5605 | 0.4231 | 0.2935 | 0.1748 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 10             | 0.0140 | 0.0203 | 0.0275 | 0.0376 | 0.0579 | 0.0809 | 0.1128 | 0.1424 | 0.1661 | 0.1743 | 0.1631 | 0.1323 | 0.1021 | 0.0491 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 20             | 0.0041 | 0.0065 | 0.0095 | 0.0141 | 0.0246 | 0.0382 | 0.0607 | 0.0861 | 0.1133 | 0.1341 | 0.1413 | 0.0847 | 0.0989 | 0.0404 | 0.0280 | 0.0160 | 0.0076 | 0.0000 |
| 30             | 0.0009 | 0.0015 | 0.0024 | 0.0039 | 0.0079 | 0.0141 | 0.0266 | 0.0444 | 0.0691 | 0.0959 | 0.1168 | 0.0553 | 0.1111 | 0.0221 | 0.0427 | 0.0286 | 0.0000 | 0.0000 |
| 40             | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0009 | 0.0019 | 0.0033 | 0.0059 | 0.0090 | 0.0125 | 0.0159 | 0.0195 | 0.1337 | 0.1035 | 0.0962 | 0.0625 | 0.0230 | 0.0166 | 0.0000 |
| 50             | 0.0000 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0004 | 0.0012 | 0.0031 | 0.0089 | 0.0207 | 0.0427 | 0.0748 | 0.1093 | 0.1024 | 0.0448 | 0.0882 | 0.0513 | 0.0378 | 0.0436 | 0.0000 |
| 60             | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0007 | 0.0023 | 0.0060 | 0.0139 | 0.0274 | 0.0446 | 0.0928 | 0.1368 | 0.1085 | 0.0658 | 0.0589 | 0.0417 | 0.0000 |
| 70             | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0018 | 0.0058 | 0.0160 | 0.0372 | 0.0703 | 0.0805 | 0.0898 | 0.1214 | 0.1291 | 0.0958 | 0.0641 | 0.0000 |
| 80             | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0011 | 0.0035 | 0.0092 | 0.0201 | 0.0601 | 0.1542 | 0.1196 | 0.0870 | 0.0939 | 0.0655 | 0.0000 |
| 90             | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0020 | 0.0063 | 0.0160 | 0.0571 | 0.0617 | 0.0956 | 0.1092 | 0.1238 | 0.1310 | 0.0000 |
| 100            | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0017 | 0.0054 | 0.0263 | 0.0970 | 0.2587 | 0.4244 | 0.5222 | 0.6299 | 0.0000 |



図一4 5月下旬か3旬間における比較

したもので、100以上で確率が再び大きくなる点など両者はよく一致していることがわかり、本報告で示してきた方法の妥当性が検証できた。

### 5. 得られた結果の利用方法

前章までの検討で、本方法の妥当性が検証できたので、以下では本方法から得られる結果の利用方法について述べる。表一3は当該旬のある状態（確率年）から出発したときの向こう3旬間の補給量階級の生起確率の一例である。この表の見方は、例えば現在（出発旬）の流量確率年が+5年のとき、向こう3旬間の間の補給量が0-10の階級である確率は0.7805、10-20の階級である確率は0.1128である、と読む。このような表を用いて以下のような予測が行える。

例えば、現在の流量が-10年であったとする。今後の降雨が平年並と予想される場合には $1/2=0.5$ であるから、-10年の欄を下から加えていき、その合計が0.5を越えるのが0.1337の行であるからその行を左に見ていくと補給量区分は40であることが分かる。すなわち、補給量は $40 \sim 50 \times 30 \times 86400 \text{ m}^3$ と予想される。また、今後の降雨が引き続き-10年であれば $1/10=0.1$ であ

るから、同様に下から加えていくと0.0601で行で0.1を越えるから、補給量階級は80-90であることが分かる。以上の予測は今後の降雨の確率年と補給量の確率年が一致するという仮定の基での議論であるが、このような仮定はそれほど無理のある仮定ではないであろう。

同様な使い方は表一2においても可能で、5月の降雨量が平年並と予想される場合には、5月上旬から3旬間の欄で下からの合計が0.5を越える0-10の階級、-10年のときには0.1を越える60-70の階級となることが予想される。

### 6. あとがき

以上、複雑な理論を用いることなく、将来の降雨予測を取り込んだダム補給量の予測を行う手法を示した。その容易さから実用性の高い方法と考えられる。なお、ここでの適用例は流域面積が非常に大きく、時間単位は旬にとったが、これより小さい流域についてもマルコフ性が大きく損なわれない程度に時間単位を調整して適用することは可能と考えられる。本報告の作成にあたって多くの貴重なご助言を頂いた名古屋工業大学長尾正志先生に心から感謝申し上げます。また、貴重な資料の提供並びにご助言を頂いた、建設省関東地方建設局および利根川ダム統合管理事務所の関係者の方々に深甚なる感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 例えば、日本数学会編集：岩波数学辞典，第2版，岩波書店，p.979，1968年。
- 2) 角屋睦：水文統計論，土木学会水理委員会，1964年7月。（1992.6.3受付）

## PROBABLE PREDICTION OF WATER DEFICIT BY USING BIVARIATE LOG-NORMAL DISTRIBUTION AND TRANSITION PROBABILITY

Shigeki KOBATAKE

This study aims at the prediction of released water from reservoirs to avoid water deficit, by using the transition probability of sequential 10-days averaged discharge on the basis of a bivariate log-normal distribution. After the soundness of the adopted distribution and Markoff chain were proved, the probability of release amount during 30 days were shown in some numerical values. This technique can bring practical prediction for the release amount by using the climatic information on future rainfall amount.

より現実的な解析を!

未来設計企業  
CRC

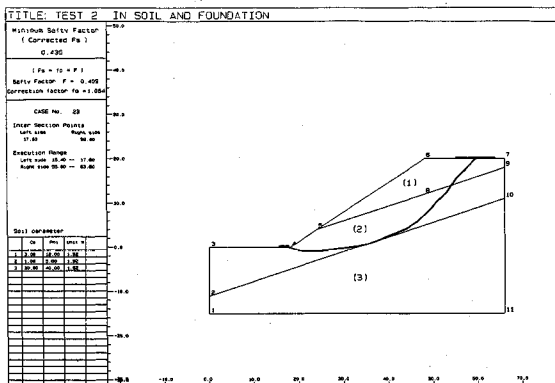
任意形状臨界すべり面自動決定プログラム

# Mr. 一番すべり

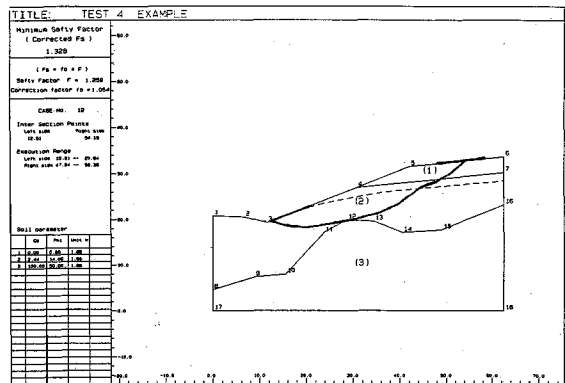
## 概要

Mr. 一番すべりは、簡易 Janbu 法に基づき任意形状臨界すべり面位置を自動的に探索し、安全率を計算する斜面安定解析プログラムです。また、操作性が良く、グラフィックやプロッタ出力も充実しています。

- ・ 適応機種 NEC PC9801シリーズ
- ・ 価格 50万円 (税別)
- ・ 適用例



傾斜地盤上の盛土



凸形基盤上の切土斜面

# ☆デモプログラム貸出し中

あなた自身の手で是非ご確認下さい。

株式会社CRC総合研究所 西日本支社

〒541 大阪市中央区久太郎町4丁目1-3  
(06) 241-4121 営業担当:岩崎  
(03)3665-9741 本社窓口:小林

自動車交通問題解析ソフト

# TRシリーズ

未来設計企業  
**CRC**

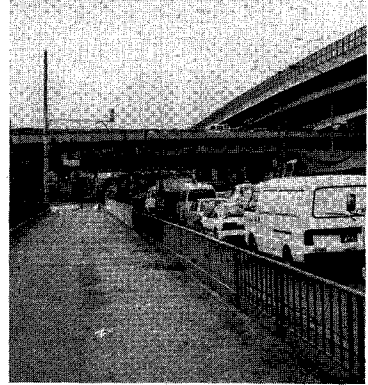
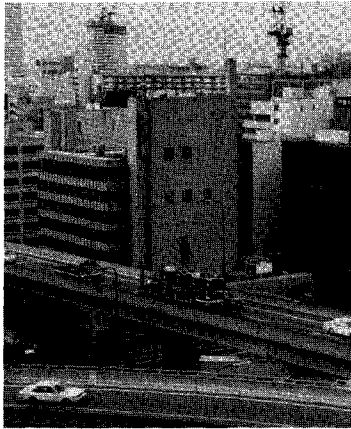
自動車騒音解析システム

## TRNOISE

パソコン用に開発された自動車騒音解析システムです。道路に直角な断面における騒音レベルの中央値を予測します。計算方法は、日本音響学会式によるもので、1970年の提案以来、最も広く利用されている方法です。

操作は、画面に表示されるメニューを選択し、指定されたデータを入力しますので、特にコンピュータに関する知識を必要としません。

計算結果は、プリンタ及びフロッピーディスクに出力され、断面等騒音線図、距離減衰曲線を描くことが出来ます。計算点は、格子点、環境基準評価高さ点、任意点の3方式による選択ができます。



自動車排ガス解析システム

## TRGAS

パソコン用に開発された自動車排ガス解析システムです。道路に直角な断面における一酸化炭素(CO)・窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)の濃度(ppb)を予測します。計算方法は、建設省提案モデルです。

操作は、画面に表示されるメニューを選択し、指示に従ってデータを入力します。特に、コンピュータに関する知識は必要としません。

結果は、プリンタ及びフロッピーディスクに出力され、距離減衰曲線を描くことができます。計算予測点は、任意に10点まで設定できます。

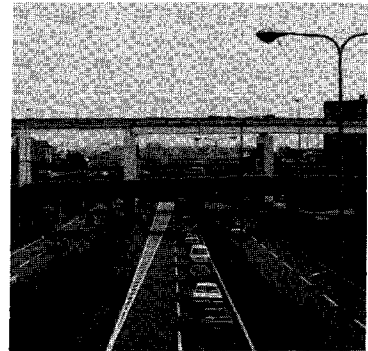
自動車振動解析システム

## TRVIB

パソコン用に開発された自動車振動解析システムです。道路に直角な断面における振動レベルの80%レンジの上端値を予測します。計算方法は、建設省提案モデルです。

操作は、画面に表示されるメニューを選択し、指示に従ってデータを入力します。特に、コンピュータに関する知識は必要としません。

結果は、プリンタ及びフロッピーディスクに出力され、距離減衰曲線を描くことができます。計算予測点は、任意に10点まで設定できます。



お問い合わせ先

株式会社 **CRC** 総合研究所

西日本支社 総合研究部

担当: 藪内・中川

〒541 大阪市中央区久太郎町4-1-3 伊藤忠ビル

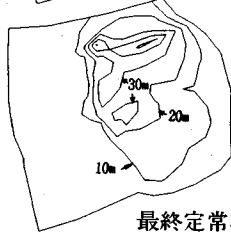
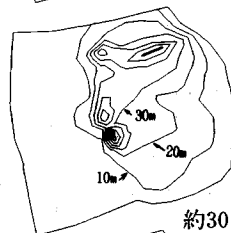
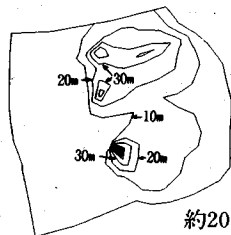
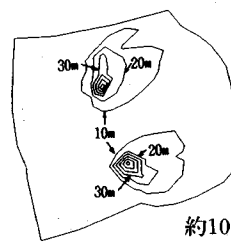
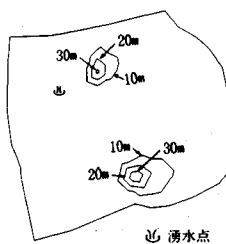
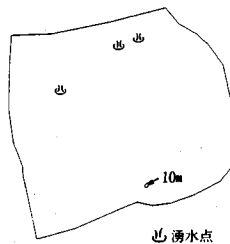
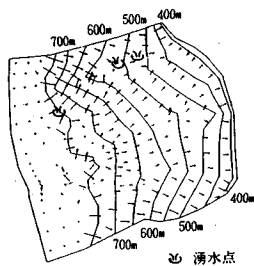
☎06-241-4126

本社/〒103 東京都中央区日本橋本町3-6-2 小津本館ビル ☎03-3665-9711(案内)

## あの地下水解析ソフトがさらに機能充実!

# UNISSF<sub>ユニセフ(V-2)</sub>

スピーディな同定・安価な解析



特長 ○有限要素法による準3次元解析を中心とした地下水の流れのトータルシステムです。

○観測水位と計算水位より、非線形最小二乗法を用いて帯水層定数の同定が可能です。(逆解析手法)

○建設・土木工事(掘削・ディープウェルその他)の解析に対応する多くの機能を備えています。

○メッシュ・ジュネレータにより、モデル(要素分割)作成の手間を軽減できます。

○図化处理プログラムにより、結果の確認が容易に行えます。

適応機種: SUN, NEWS, HP,  
IBM 30XX, FACOM-Mシリーズ 他

このシステムは、情報処理振興事業協会の委託を受けて開発したものです。

## IPA 情報処理振興事業協会

株式会社 **CRC** 総合研究所 西日本支社

問合せ先

〒541 大阪市中央区久太郎町4丁目1-3  
(06) 241-4121 営業担当: 岩崎  
(03) 3665-9741 本社窓口: 菅原

# 土と水の連成逆解析プログラム

未来設計企業

**CRC**

# UNICOUP

応力解析と浸透解析がドッキングした!

軟弱地盤の解析に!

海洋開発・埋立

盛土・掘削

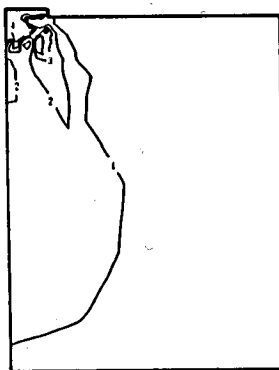
## 出力項目

- 各節点での変位、各要素での応力
- 各節点での全水頭・圧力水頭 他
- 豊富な図化処理  
変位図、変位ベクトル図、応力ベクトル図、応力コンター図、安全率コンター図、水頭コンター図、圧力水頭コンター図

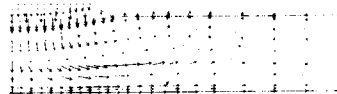
## プログラムの特長

- 応力と地下水の流れをカップルさせた問題が解析可能です。(圧密含む)
- 地下水の流れは飽和・不飽和域を対象としています。
- 多段掘削・盛土や降雨等が扱えます。
- 梁や連結要素も扱え実用的です。
- 経時観測記録(変位・水位)があれば、非線形最小二乗法に基づき変形係数や透水係数が逆解析できます。(順解析、逆解析がスイッチにて選択可能です。)
- 弾性・非線形弾性・弾塑性・弾粘塑性を示す地盤が扱えます。  
非線形弾性(電中研式、ダンカン・チャンの双曲線モデル)  
弾塑性(ドラッカー・プラガー、モール・クーロン、カムクレイモデル、ハードニング、ソフトニング)  
弾粘塑性(関口・太田モデル)

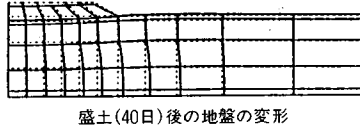
(荷重)



応力増分コンター( $\Delta\sigma_v$ )  
(10日後)



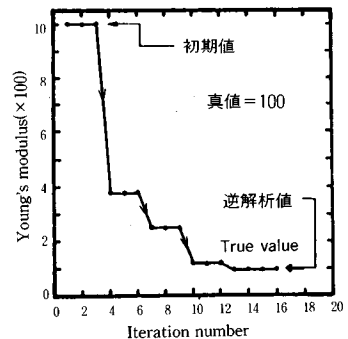
変位ベクトル図(40日後)



盛土(40日)後の地盤の変形



盛土(40日)後の地下水の流れと水頭  
コンターおよび自由水面



ヤング率と繰り返し回数の関係

逆解析によるパラメータの推定

このシステムは、情報処理振興事業協会の委託を受けて開発したものです。

**IPA 情報処理振興事業協会**

株式会社 **CRC総合研究所** 西日本支社

問合せ先

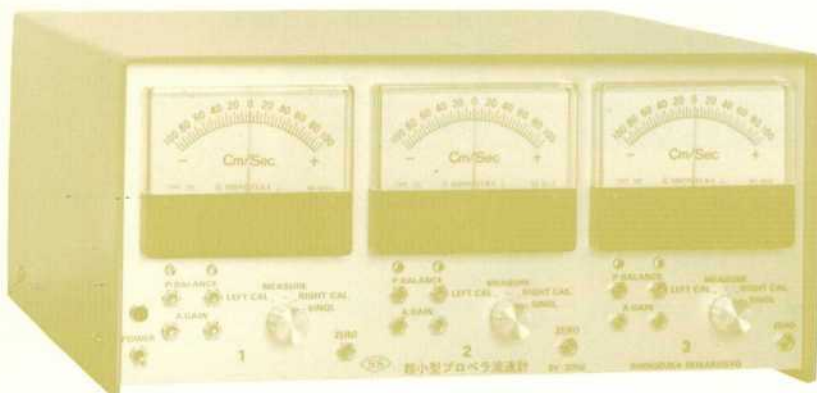
〒541 大阪市中央区久太郎町4丁目1-3  
(06) 241-4121 営業担当: 岩崎  
(03) 3665-9741 本社窓口: 菅原



# 直径3ミリ

水理実験用に理想的

## 超小型プロペラ流速計 3チャンネル SV-33W型



米粒とプロペラ

### ● プロペラ検出器軸長

30~50cm, 軸の曲ったものも製作致します。

### 特 徴

- ◎ 赤外線の出検で水温や水質に影響されません。
- ◎ 往復流の正逆判別は高感度で確実です。
- ◎ 正逆判別のないシングルのプロペラも使用出来ます。
- ◎ 独自の楕円軸に依り流れを乱すことが非常に小さくて済みます。
- ◎ プロペラが小さいので流速100<sup>mm</sup>/secで800~900パルスと高い分解能です。

水理実験用測定器専門



## 篠塚製作所

〒196 東京都昭島市玉川町2-8-21 電話 0425-44-1731