

討議 (和文)

**DISCUSSION
/CLOSURE**

[討議・回答]

近田康夫
橋 謙二
城戸隆良
小堀為雄

共著 “GA による既存橋梁の補修計画支援の試み”

への討議・回答

(土木学会論文集, No.513/I-31, 1995年4月掲載)

▶ 討議者 (Discussion)

杉本博之 (北海学園大学)

Hiroyuki SUGIMOTO

本論文の主な内容は、橋梁の損傷評価を、数量化第II類の解析結果から得られる線形判別式を用いて表し、橋梁点検台帳に現れる橋梁群の最適補修計画問題をナップサック問題として定式化し、その解法にGAを用いた点にあると思われます。

そのGAの応用に際し、下記の2点についていささかの疑問があり、討議とさせていただきます。

(1) 制約条件のある最適化問題にGAを応用する際には、原問題をまず無制約の問題に置換する。その置換には、外点ペナルティ関数を用いるのが一般です。その外点ペナルティ関数の選び方もGAの結果に微妙に影響するものと考えられますが、討議論文のように、式(3)のような関数形を用いますと、図-3にも示されますように、制約条件を満足しないがアクティブな状態に近い線列を強く排除する事になります。GAにおいては、制約条件は必ずしも厳密に満足される必要はなく、逆にアクティブな状態の線列の多様性の中から良好な解が得られると考えられますが、その意味では、討議論文のペナルティ関数の選択には疑問が残ります。

(2) GAは、組み合わせ数が多数ある最適化問題に

適した手法といわれていますが、限られた能力のコンピュータを使う限り、探索する母集団(すべての組み合わせの集合)は小さい方が、解の信頼性、効率の点で良いのは当然です。討議論文においても言及されていますが、線列のコーディングにおいて補修する必要がない項目を多数含む結果、探索空間は不必要に膨大になり、少なくとも効率の点では悪影響を与えています。

例えば、数値実験の例では、コンクリート橋26橋の13項目、鋼橋17橋の14項目すべてを線列に組み込んでいます。その結果可能な組み合わせの数は、 $2^{26 \times 13 + 17 \times 14} \approx 2.47 \times 10^{173}$ となります。実際は、表-5の75項目、表-6の59項目のみで良いですから、考えるべき組み合わせ数は、 $2^{75+59} \approx 2.18 \times 10^{40}$ と激減します。この項目の取り方は、ランダムサーチに、より不利と考えられますが、GAの解の信頼性と効率の点で、その後の改良した数値計算の結果があればそれを含めて説明をいただくと、GAの今後の発展に寄与するところも大きいと考えます。

(1995.7.6 受付)

▶ 回答者 (Closure)

近田康夫 (金沢大学)

Yasuo CHIKATA

筆者らの論文に対して貴重な討議をいただきまして深く感謝いたします。論文発表後、現在迄に若干の改良を行っていますのでその結果を交えて筆者らの意見を述べさせていただきます。

(1) 質問(1)に対して

論文中に示した数値実験を行うにあたり、図-3にある2つのペナルティ関数で何回かの試行計算を行い、よ

り良い結果が得られたことから、言わば経験則として、式(3)のペナルティ関数を採用した。

しかし、その後の検討でペナルティ関数の形は今回の解析ではほとんど意味をなさないことが以下のように判明した。

すなわち、今回の解析では、エリート保存戦略を採用し、淘汰時には最も適合値の低いものから順にエリート

に置換する方法を採用した。このとき、補修金額は千円単位なので非適合解の g の値は絶対値のかなり大きな負の数となる。更に、それに乗数 r を乗じたペナルティを付加した線列の評価値はほぼ確実に適合度の最も低いグループに集中する。これらの中の、最も適合度の低いものから順にエリートに置換されるので、 $g < 0$ の非適合解の $g = 0$ の付近のものは生き残る可能性が高いことになる。予備的な数値実験で良い結果が出たのは、 r を大きめに設定した場合と混同したことによると考えられる (r が大きいほうが最もペナルティの大きな線列がエリートの置換対象となる可能性が高い)。

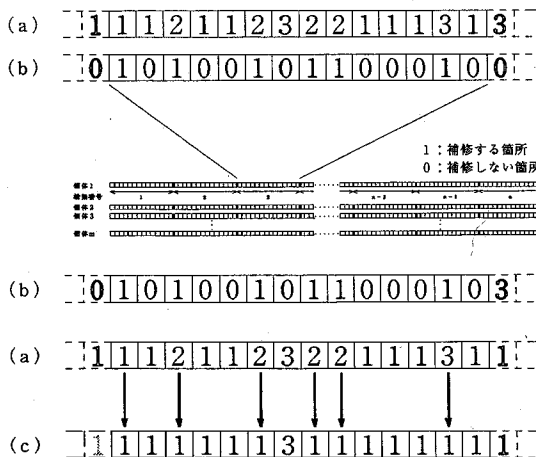
なお、現在ルーレット・ルールによる淘汰の導入を検討しているが、この場合にはペナルティ関数の形状が大きく影響することが予想され、討議者の指摘の通り、 $g = 0$ 近傍の非適合解の生存確率を維持できるような配慮が必要と考えられる。しかし、その場合でも、人口数をかなり低く設定した場合でないと、影響は出難いと考えている (本研究のように人口数 300 ではルーレット・ルールが有効に働かない可能性が高い)。

(2) 質問 (2) に関して

討議者の意見を待つまでもなく、論文中でも述べたように、冗長な線列構造は早急に解決すべき問題として筆者らも検討を進めてきた。その結果現在では、図一A.1 から、図一A.2 のように構造を改めている。

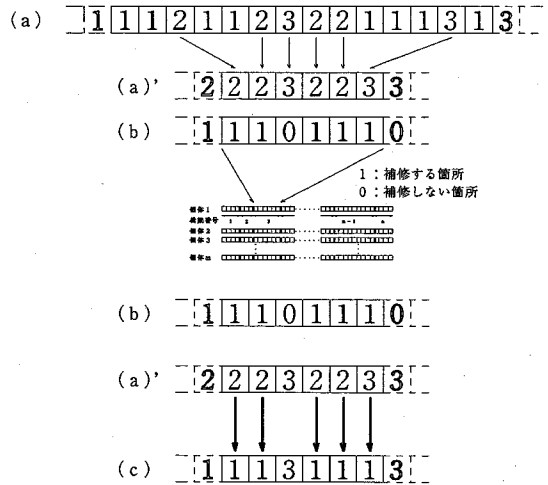
図一A.2 では、補修する必要のある項目 (a') を点検結果の項目 (a) から抜き出し、(a') の項目数に合わせて遺伝子を与える。(c) の補修後の点検結果は、床版、支承、排水装置、塗装、安定性 (材質) の評価が 1 になったことを表している。旧フォーマットでは、線列中の 1

橋地床床主支伸排塗洗軀安安耐
面覆 組 縮水 掘体定定
舗高 継 裝 變 變 構 材 震
裝欄版工構承手置裝動動造質性

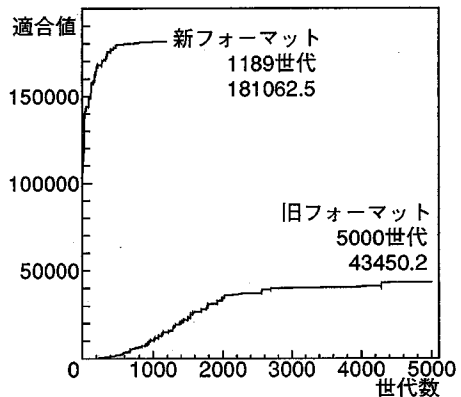


図一A.1 線列フォーマット (旧)

橋地床床主支伸排塗洗軀安安耐
面覆 組 縮水 掘体定定
舗高 継 裝 變 變 構 材 震
裝欄版工構承手置裝動動造質性



図一A.2 線列フォーマット (新)



図一A.3 新旧線列フォーマットでの進化過程

橋梁あたりの遺伝子数は等しかったが、新フォーマットでは、損傷状態に応じて遺伝子数が異なることになる。

新フォーマットの線列に変更したプログラムでの結果を図一A.3 に示す。変更後の適合度は 181062.5 となり、変更前の適応度の 43450.2 よりかなり大きな数値となった。さらに、収束世代数も旧線列での解析の 5000 世代 (最大世代数) から 1189 世代 (最良値の更新が 100 世代なかった) へと約 4 分の 1 に減少した。

この適応度の大幅な上昇、世代数の減少は線列の短縮に大きく起因するものと考えられる。線列の短縮化の後、1つの個体の遺伝子長 (各橋梁の遺伝子数の和) は、576 から 134 へと 4 分の 1 以下に短縮されている。

図一A.3 を見る限り、旧フォーマットの線列を用いた結果は、最適な補修箇所の組合せを探索する以前に局所

解に収束していた可能性が高い。

図—A.3において旧線列フォーマット適合値が新線列フォーマットのそれに対して1/4程度しかないのは、旧線列フォーマットを使った場合には、後述の表—A.1での上位の補修箇所を選び出せなかったことと、評価1の補修が必要ない箇所も補修対象として選んだことから、適合値が増加しないのに補修費用のみ加算され、かつ評価1の項目を補修したことでペナルティが加えられていることによる。

この新線列フォーマットでの結果を、補修によるカテゴリ・スコアの上昇と補修金額の積が大きな補修部位から並べたものと比較すると、表—A.1のようである。表の上から5行目の要補修箇所がGAでは採用されず、より小さな補修費用のものを選んで、総予算を使い切るように働いていることが読み取れる。

論文の中で述べた、最大の課題である冗長線列構造の改良の結果は以上のものであるが、今回の討議によって報告する機会を得たことは幸いであった。

現在、論文の中で述べた他の検討課題に取り組んでいる最中であり、機会があれば、改めて報告したいと考えている。

(1995. 12. 21 受付)

表—A.1 評価値の増加量と補修費用の積

	橋梁番号	項目	(1)*	(2)**	(1) × (2)	採用
1	ST1	床版	1.0487	51560	54071	○
2	RC5	安定材質	0.4278	90103	38546	○
3	ST2	床版	1.0487	4680	4908	○
4	ST3	安定材質	0.4039	10672	4310	○
5	ST10	塗装	0.0961	42700	4103	
6	ST5	安定材質	0.4039	9541	3854	○
7	RC13	安定材質	0.4278	6786	2903	○
8	ST7	安定材質	0.4039	5539	2237	○
9	ST17	伸縮継手	0.3619	1875	679	○
10	ST15	伸縮継手	0.3619	1544	559	○
11	RC20	安定材質	0.4278	1305	558	○
12	ST1	伸縮継手	0.3619	1471	533	○
13	ST3	橋面舗装	0.4613	1104	509	○
14	RC7	地覆高欄	0.3250	1539	500	○
15	ST3	伸縮継手	0.3619	1373	497	○
16	ST6	伸縮継手	0.3619	1373	497	○
17	ST13	伸縮継手	0.3619	1368	495	○
18	ST2	伸縮継手	0.3619	1329	481	○
19	ST12	伸縮継手	0.3619	1188	430	○
20	ST14	伸縮継手	0.3619	1109	402	○
21	ST4	伸縮継手	0.3619	1083	392	○
22	RC2	支承	0.7486	400	299	○
23	ST14	橋面舗装	0.4613	546	252	○
24	RC12	地覆高欄	0.3250	570	185	○
25	ST14	塗装	0.0961	1820	175	○
		total		199970		

*評価値の増加量

**補修費用

ニュー・コンセプト パソコン用3次元土木構造解析システム

スリーディー シグマ



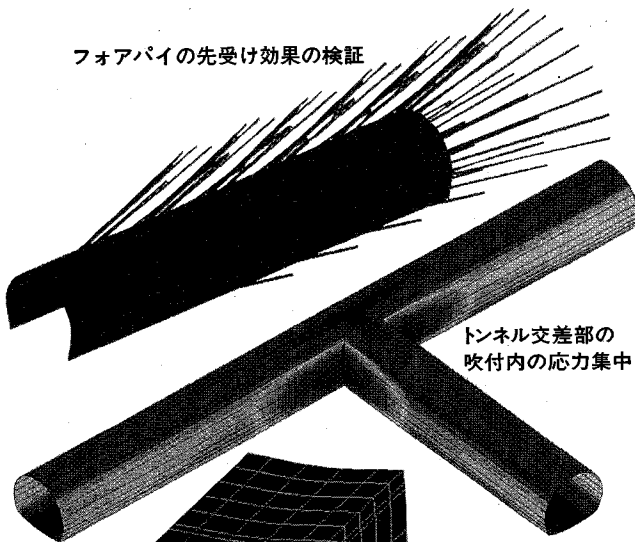
申し訳ない!

これまでのものとは
これほど違う。

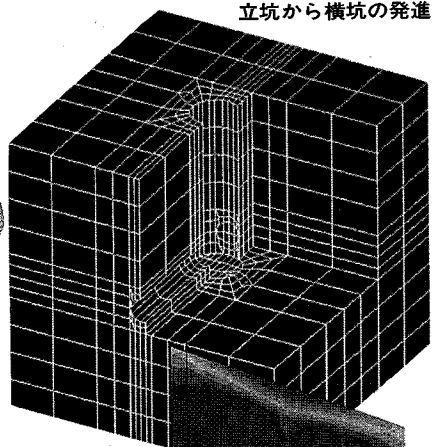
数千万円と数週間がかかった
解析をパソコンで数時間で。

誰でも、どこでも、低コストで、簡単に!

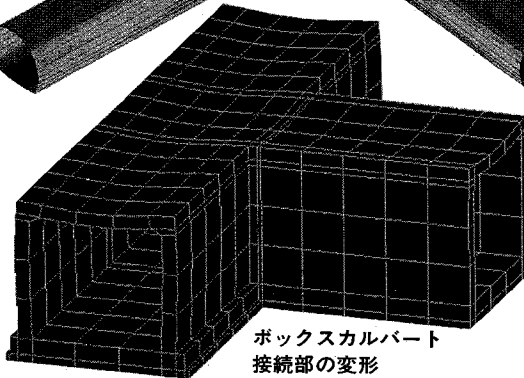
フォアパイの先受け効果の検証



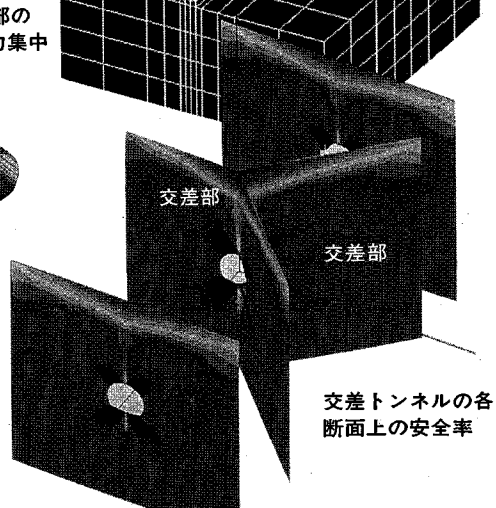
トンネル交差部の
吹付内の応力集中



立坑から横坑の発進



ボックスカルバート
接続部の変形



交差部

交差部

交差トンネルの各
断面上の安全率

- 有限要素を意識させない、要素や節点などの概念は一切表に出ない。あらゆる指定は直接図面上に。
- 強力な自動ステップ解析機能。掘削、盛土、地盤改良、支保などの施工過程をステップ毎に直感的に。
- 強力で痒いところに手が届くような3次元表現機能を豊富に実装。表示断面、表示部分が自在に設定可能。
- 図面入力から報告書作成まで全面的にサポートする統合システム。CAD、ワープロ、編集機能なども内蔵。
- 大容量：数万節点も解析可能。 ■高速解析：例えば、ペンティアムで6千節点に2時間。

開発・営業社員を募集中!



ソフトブレン株式会社

お問合せは 03-5695-1009

本社：〒001 札幌市北区北37条西4丁目 王陽ビル

TEL：011-736-7009 FAX：011-736-7449

東京営業所：〒103 東京都中央区日本橋茅場町3-8-5 308ビル

TEL：03-3663-7009 FAX：03-3663-7008

地盤の非線形解析プログラム

■開発元 Dr.Cundall (ITASCA社)

FLAC-2D/3D (Fast Lagrangian Analysis of Continua)

- 幾何学的大変形及び材料非線形を取り扱うことができます。陽解法のため垂み軟化解析が容易です。
- 複雑な3次元地盤をモデル化するため、優れたジェネレーター機能をそなえています。
- 機能追加のための開発ツールFISHプログラミング言語を備えていますので、機能追加が容易です。

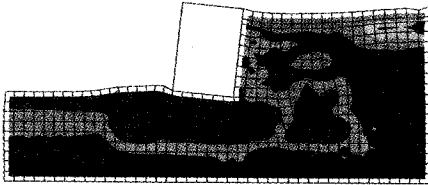
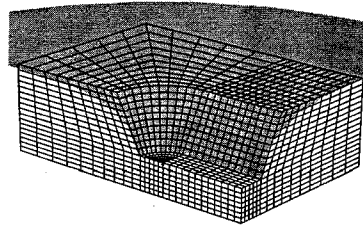
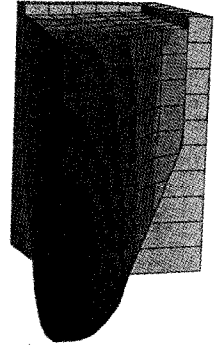


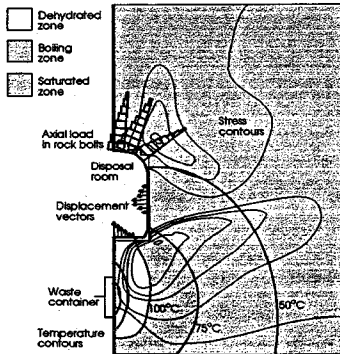
Figure 2. Distorted grid and contours of pore pressure ratio after shaking applied at base



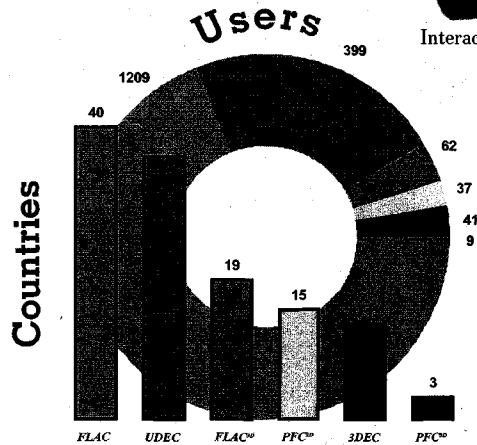
Water flow analysis



Interaction analysis



Thermomechanical conditions five years after nuclear waste emplacement.



■価格(ロード・モジュール)

- FLAC-2D SUN/IBM-PC(標準バージョン)80万円
(Dynamic, Creep, Thermal Optionを含む場合)110万円
- FLAC-3D SUN/IBM-PC(標準バージョン)190万円
(Dynamic, Creep, Thermal Optionを含む場合)250万円

Itasca Software & Windows 95

Yes, Itasca codes do run under Microsoft Windows95. *Windowsは米国マイクロソフト社の商標です。

*当社は1988年7月からITASCA社の販売代理店をしています。

OKL 株式会社 応用工学研究室

TEL.03-3437-2164 FAX.03-3437-2652
〒105 東京都港区虎ノ門5-1-4 東都ビル6F
株システムネットワーク内

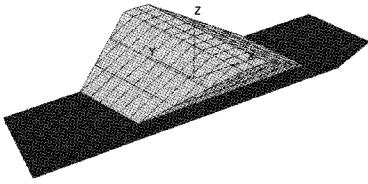


Figure 1. Grid for earth dam and foundation

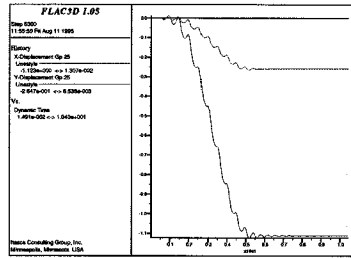


Figure 2. Displacement records (in x- and y-directions) at crest of dam

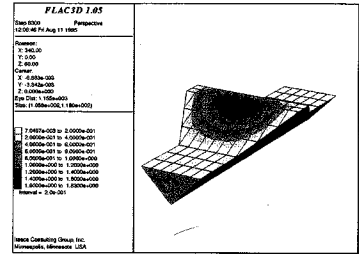
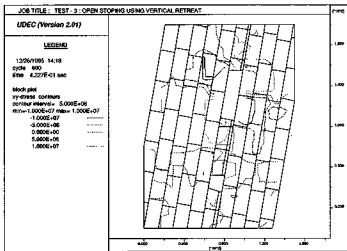


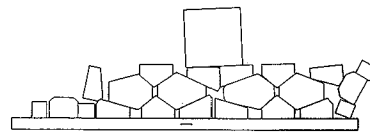
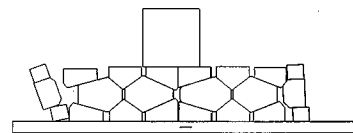
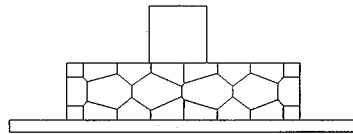
Figure 3. Contours of final displacement magnitude

Dynamic analysis

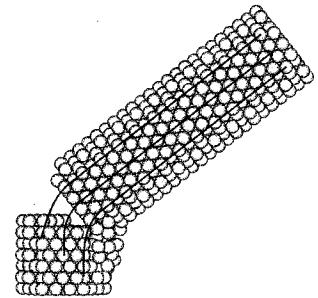
個別要素法プログラムシリーズ



UDEC

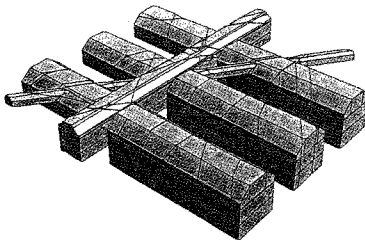


BFLOW

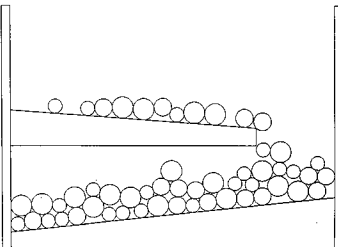


Toppling of pier after horizontal crack forms near base, (reinforcement has pulled out of concrete)

PFC-3D



3DEC



BALL-Poly

■価格

●ロード・モジュール

- ・UDEC SUN/IBM-PC(標準バージョン)110万円
(Barton-Bandis Optionを含む場合)160万円
- ・3DEC SUN/IBM-PC550万円
- ・PFC-2D SUN/IBM-PC70万円
- ・PFC-3D SUN/IBM-PC250万円

●ソース・コード

- ・UDEC SUN/IBM-PC(標準バージョン)190万円
(Barton-Bandis Optionを含む場合)240万円
- ・BFLOW SUN190万円

日本技術開発株式会社

◆FLAC、個別要素法コードとも導入時に移植費等の追加料金はありせん。将来のハ初期購入価格の10~15%程度です。但し、比較的開発の新しいPFC-3Dを除きます。
◆当社ではこれらソフトによる解析コンサルタント、問題に応じた機能追加も行っています



パソコン用、地下水解析トータルシステム

PC/UNISSF Ver. 3.5 for Windows

PC/UNISSF Ver. 3.5 for Windowsは、すでに汎用機やEWSで実績のある準3次元広域地下水変動解析プログラムと断面2次元飽和/不飽和浸透解析プログラムに強力なプリポスト処理プログラムを付加し、Windows版として、生まれ変わったPC用地下水解析トータルシステムです。

準3次元版

PC/UNISSF(H)

¥980,000

断面2次元版

PC/UNISSF(V)

¥700,000

セットの場合

¥1,400,000

プログラムの特徴

■プリ処理 [(H)、(V)共通]

- ★モデル作成のためのメッシュジェネレート機能
- ★地層データ(PC/UNISSF(H)のみで使用)、初期水位データ等の自動発生機能
- ★モデル図を参考しながら、境界条件等各種データの入力、修正が可能
- ★マウス入力とメニュー形式による操作性の向上

■解析機能

[準3次元版PC/UNISSF(H)]

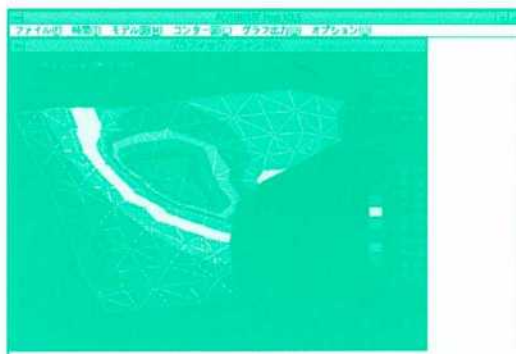
- ★汎用機、EWS版と同一機能(順解析)、同一データフォーマット
- ★約3000~10000節点までのモデルが解析可能
- ★降雨・揚水井・浸出面の取り扱いが可能
- ★水位・流量の経時変化
- ★境界条件の変更、材質の変更
- ★掘削機能・簡易漏水機能
- ★初期定常計算・非定常計算・最終定常計算

[断面2次元版PC/UNISSF(V)]

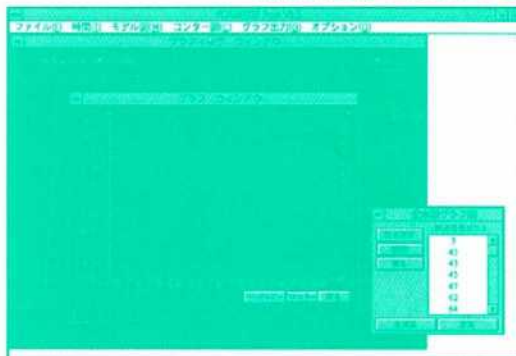
- ★収束状態により Δt を変化
- ★降雨および水位の経時変化に対応可能
- ★鉛直二次元解析だけでなく軸対称解析が可能
- ★自由地下水面を求めることが出来る
- ★浸出点の位置と浸出量を求めることが出来る
- ★①定常計算、②非定常計算、③定常計算を行ったのち非定常計算の3通りが可能

■ポスト処理 [(H)、(V)共通]

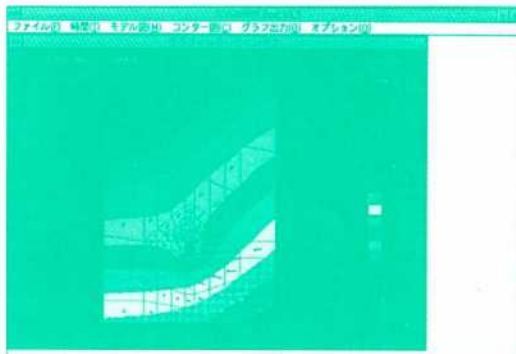
- ★線画に加えて画面塗りつぶし処理が可能
- ★水位の時間変化が簡単にグラフ化可能
- ★マウス入力とメニュー形式による操作性の大幅な向上



PC/UNISSF(H)：全水頭コンター図



PC/UNISSF(H)：水位時間変化グラフ



PC/UNISSF(V)：圧力水頭コンター図と流速ベクトル図

動作環境

Windows Ver. 3.1
CPU:80486DX 33MHz以上
RAM:8MB以上
ハードディスク空容量:10MB以上

* Windowsは米国マイクロソフト社の商標です。

* UNISSF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。

問い合わせ先

株式会社CRC総合研究所

科学システム営業部/担当：岩崎

TEL：06-241-4121、E-Mail：iwasaki@crc.co.jp

営業第1部/担当：澤村 TEL：03-5634-5790