

# THE HISTORICAL DEVELOPMENT OF PLANNING FOR THE PANAMA LOCK CANAL

Masataka NAGANO\*

Having been in "the Commission for the Study of Alternatives to the Panama Canal", I would like to introduce past studies concerning lock canal plans, an experienced field of Japanese civil engineers, and to express my views in respect of substantial issues for future lock canal.

The subject is to introduce how the previous plans were formulated and developed. The objectives are, 1) to identify the engineering roots of the present lock Panama Canal, 2) to review and evaluate past isthmian lock canal plans and the incremental development, and 3) to identify key engineering features of the canal for future planning.

*Keywords* : Panama canal, lock, planning

## 1. INTRODUCTION

The Central American Isthmus stretches 2 800 km from Tehuantepec, Mexico, to Atrato River in Colombia. From the beginning of the 16th Century to the middle of the 19th Century, many people had tried expeditions to find the most appropriate isthmian canal route, but had not been able to find it. The big problem was excavation volume for a canal. Comparing excavated volume of the existing Canal with that of major present big projects in Japan, its volume is bigger than any big projects of Japan.

The availability of labor power was also a problem in the area. The reason why Spanish kings, the richest and most powerful rulers in the world, had been unable to build an isthmian canal was the availability. The regions of the New World dominated by Spain or Portugal were sparsely populated.

Accordingly, unlike the ancient Egypt Pharaoh's canal, connecting the Red Sea and the Nile, or Emperor Yantei's Great Canal in the Chui Dynasty in China, Spanish kings were unable to gather enough man-power for the construction one. Furthermore, the condition of the site was different from the aforementioned canals; that is, these were only ditches stretched on flat plain or desert.

Excavated materials of these canals had been mainly sands or soft soils which were easily dug by laborers. To the contrary, in the isthmian routes hard rocks which were far beyond human power were prominent. Furthermore, steep and compli-

cated topography and a vast unexplored jungle where unknown deadly fevers lurked made it difficult. Not a few explorers sacrificed their lives.

## 2. KEY IDEAS AND TECHNOLOGIES FOR THE REALIZATION

### (1) Identification of the most preferable route

The four regions, Panama, Darien, Nicaragua and Tehuantepec came up as potential routes for the canal by the end of the 16th Century, but, identification of preferable alignment had to wait until the latter half of the 19th Century. At the beginning of the 19th Century, Alexander Von Humboldt advocated for the first time that scientific method should be applied to get accurate measurements of all potential canal routes to compare with each other and to find out the best one. Level of technology in the middle of the 19th Century was able to measure and calculate soil volume.

In 1870, the U.S. Navy undertook the first comprehensive survey of the isthmus major routes. After five years of difficult surveys and expeditions, the first topographic measurement of all representative routes was made with equal accuracy, and successfully compared with one another.

As a result, it was found that there were only three routes; Nicaragua, Panama and Napipi, where it was possible to construct a canal. The secret of the U.S. Navy's success was that they used advanced technology, and several hundred solidors and labors doing reconnaissance in support of the surveyers. The methodology for the comparison of alignment was; first, they assumed a standard cross-section of waterway and lock for all routes, second, they compiled amount of soil volume by applying the assumed standard one, and finally,

\* Member of JSCE, C.E., Delegate of Japan, The Commission for the Alternatives to the Panama Canal (Apartado Postal 2094, Ancon, Panama, Rep. of Panama)

**Table 1** Comparison with Excavation Volume of Major Japanese Past Projects.(Unit: Million m<sup>3</sup>)

Year	Project	Volume
1904~45	Panama Canal	419.8
1969	Tomei Express-way	66.0
1969	Kashima Port	116.7
1975	Ogijima Reclamation	80.0
1980	Kobe Port Island	80.0

Source: Bibliography No.1, OCDI 1984, March

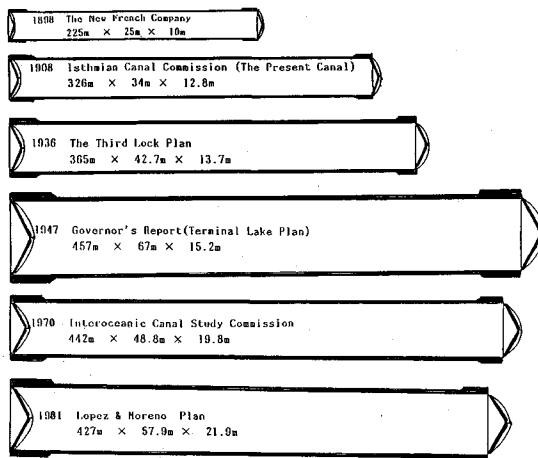
compared with one another.

After World War II, owing to development of aero-topographic survey, the Governor's Report 1947 reported that they found 30 canal routes in the isthmus. The advent of aero-topographic survey gave us the possibility of evaluating all potential routes accurately.

### (2) Key idea of the Panama Canal

Two ideas were indispensable for realization of the present Canal. One was a locks system to overcome large waterhead and the other was concept of a man-made lake. A lock canal system to overcome large waterhead was first appeared at the Welland Canal in Canada in 1829 enabled to pass between Lake Ontario and Lake Erie conquering 370 ft. waterhead of Niagara Falls connecting with 39 small locks. Although the maximum size of vessel that could pass was only 165 tons of sailing ships, the lock canal opened a possibility of using the same option in the rocky mountainous isthmian canal routes. An outstanding idea of the canal was a system engineering by connecting number of small locks which had been in use at European harbors and waterways.

N. Garella, a French engineer, developed a first scientific canal plan in 1843. His plan was a canal combining 35 locks and a 5 350 m tunnel. This was the first realistic plan in the isthmus. Needless to say, he borrowed the idea of the Welland Canal in 1829. The first concept of a man-made lake was presented by A.G. Repinay, an obscure French engineer at Paris Congress in 1879, where Ferdinand de Lesseps declared to build a sea-level canal in Panama. The idea was to construct a man-made lake like Lake Nicaragua for the purpose of saving dredging costs, flood control of the Chagres and to obtain a reservoir for lockage water. 15 years later, the idea was reevaluated by the New French Canal Company, and 25 years later, the U.S. borrowed the idea and finally came to realize the Canal. According to my observation, for the construction of the Canal, dynamite which was invented by A. Nobel in 1867 was the most outstanding and

**Fig.1** Historical Trend of the Size of Locks Chamber (Source: Author's Work).

indispensable component technology that enabled breakdown of the hard rocky mountains. Moreover, dredgers, steam shovels to excavate the rocky waterway bed, steel lock gate system to overcome a 85 ft. waterhead and railway to haul waste materials were also indispensable. The PCC has been carrying out the maintenance dredging at Culebra Cut during 76 years, and the method which consisted of blasting by dynamite, excavating by dipper dredger has not been changed basically until now.

### 3. LOCK CANAL PLAN IN THE FRENCH ERA

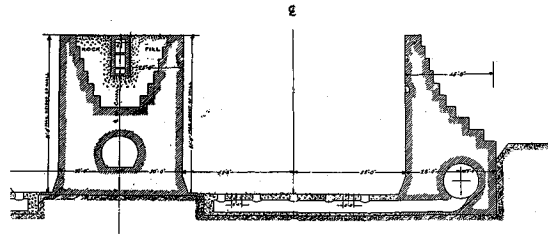
F. Lesseps's scheme of a sea-level canal failed after 8 years' efforts. Before the failure, Lesseps was forced to convert the sea-level canal scheme that was his strong belief, to a lock canal one. Bunau Varilla, the Chief Engineer of the Company invented a temporary lock system in 1886; the system enabled to start operation with highest summit level of water, and to eliminate a pair of locks one by one, until the water surface was lowered to the sea-level.

The outline of the plan was; 1) Abolish a tidal gate at the Pacific entrance for the sea-level canal; 2) Construct a dam at Gamboa for usage of lock water reservation, 3) Construct 10 temporary locks; 5 locks were from La Boca to Paraiso on the Pacific entrance, and 5 locks were at Bohio Soldado on the Atlantic entrance. Size of the lock chamber was 180 m in length, and 18 m in width; 4) Water-surface level was 49 m. And an alternative of 4 lifts was also planned, in case of the canal was opened, water surface level would be lower than 43 m; 5) Design of steel gates was awarded by G. Effel, the

**Table 2** Locks Plan by the New French Company (1898).

Chamber	Length	Width
Large Locks	225m	25m
Small Locks	225m	18m
Water Depth: 10m		Lift: 4 lifts

Source : Bibliography No.5 &amp; No.8

**Fig.2** Cross Section of the Lock Chamber of the Panama Canal (Source : Bibliography No.9).

designer of Eiffel Tower. However, the plan had never come true.

The New French Canal Company took over the concession and the work underway which would be inherited by the U.S. in 1904. The greatest job of the Company was to make an excellent lock canal plan which would be a prototype of the present Canal. Preliminary plan of the Canal was made by French engineers. The plan comprised of two lane locks with 4 lifts. One lane was for large, and the other was for small vessels.

Locations of the locks were the same of the New French Company's proposal at first stage.

These above mentioned facts were not mentioned in papers published by the U.S. officials. They were able to be found only by comparing size of locks in these papers with one another.

#### 4. FRENCH ENGINEERING

Apart from Lesseps's haste and imperfect plan, level of technology of French engineer was undoubtedly the best in the world as of the second half of the 19th Century. At that time they produced inventions in various fields of technology, such as pneumatic caisson still used for excavation of deep or underwater foundations, a steel bar called "I" beam for super-structures, and concrete caissons and blocks for port facilities. From an engineering viewpoint, France was never behind the United States. If I can point out a defect in French civil engineers, they lacked a kind of art which synthesized all relevant technologies, as a system engineering.

#### 5. PLANNING AND CONSTRUCTION (1902 to 1914)

The Isthmian Canal Commission (ICC) was organized for the study of the isthmian canal and its chairman, J.W. Walker by instructions from President W. McKinley in 1899. The United States inherited the work and settled the traditional debates of "Panama or Nicaragua", and "Sea Level Canal or Lock Canal" one by one. At the first stage, the ICC basically adopted the French concept, which were double-lane locks of 225 m, 25.4 m and 12.5 m in length, width and depth,

respectively, and a man-made lake plan and a lock gates system with intermediate gates. Although construction work by the United States had started in 1904, the master plan was not yet decided. Due to the fact that the ICC's report 1901 stated that a sea-level canal was only possible in Panama, many of the ICC engineers supported to convert a sea-level canal. The ICC engineers had been debating it for several years. But, finally, a lock plan was selected with J.F. Stevens' strong opinion. The 27 years' debate which had started at Paris Congress in 1879 was finally settled by the choosing of a lock canal. The lock chambers were enlarged to their present size by a request from the Navy in 1908. The location of the locks was also a difficult problem. The ICC's design team decided to change Bohio, the French engineer's recommended site to Gatun on the Atlantic entrance, because of water reservations to cope with increase in number of transit in the future and to change La Boca to Miraflores and Pedro Miguel on the Pacific side, because of soundness of foundations and military reasons to get rid of vulnerability to fire.

As for structures of the locks, a gravity concrete type was selected. The features of concrete were : the composition of concrete for major structure, Portland cement, clean gravel or crashed rock, and clean sand was 1 : 1 : 2, respectively, weight of plain concrete and reinforced concrete were 2.3 and 2.4 g./cu.cm., respectively, and allowable compressive strength of concrete for major facilities was 162 to 232 kg/sq. cm., subjected with engineering inspection.

As for the filling and emptying water system, the aim was to secure large vessel up and down permitting. At Paris Congress, the basic concept of filling and emptying for a lock canal plan in Nicaragua was reported by Welch, a U.S. delegate : it would have taken about 8 minutes for one lift at that time. The debated canal at the Congress was enough small to fill and empty through the gate.

In case of the Canal, from viewpoint of economy, it was decided to transit within 60 minutes of each lock, and the filling and emptying

**Table 3** Statistics of the Canal (1914).

Length from/to deep water	81 km
Length from shore to shore line	63 km
Bottom width of waterway	91.4~304.8m
Locks, in pairs	12
Locks, usable length	304.8m
Locks, usable width	33.5m
Gatun Lake, area	42,500ha
Channel Depth (min.)	13.7m
Excavation Volume	177million m <sup>3</sup>
Concrete Volume	3.7million m <sup>3</sup>
Cost of Canal	375million \$
Time to transit	10 ~ 12 hours
Time to Passage through locks	3 hours

Source : Bibliography No.3

in 15 minutes was regarded as satisfactory in point of time. It needed 27 to 37 m<sup>3</sup>/s. of waterflow. It was clearly impracticable to pass such a stream through gate as had been considered before. As a result, after study of various locations of culverts, they designed in the locks wall, with suitable auxiliary culverts for distribution the flow throughout the lock chamber. In formula for time of filling single-lift lock,

$$t = \frac{2A(\sqrt{H} - \sqrt{h})}{ca\sqrt{2g}}$$

$t$  : time in second

$H$  : original difference in level

$a$  : cross section of culvert

$c$  : coefficient (average 0.6~0.7)

$A$  : area of lock in plan

$h$  : remaining difference in level

$g$  : acceleration of gravity

With my observation, process of the planning for the Canal from the French era might have been as follows :

Step 1. Decision on water-level of summit :

It was decided with topographic conditions, dredging cost and locks lift costs comparison.

Step 2. Decision on lock size and design :

Future size of vessels was examined. Intermediate gates were installed to save water resources.

Step 3. Decision on lock lifts :

Construction costs, lockage transit time and constraint of water resources decided the lifts. (3 lifts canal)

Step 4. Location of Locks :

Foundation and military reasons.

## 6. PROBLEM OF THE PRESENT LOCK CANAL

(1) Size of locks and others

The major constraint of the Canal for transit is size the lock chambers.

Width : 110 ft. (nominal) The narrowest points are 109' 4".

Length : 1 000 ft. (Usable length) Length of overall between the gates is 1 051 to 1 071 ft.

Depth : 40 ft. Actual depth is 39.7 to 42.4 ft.

Vessel size is restricted to the locks size, water depth of the two lakes and the clearance at the Bridge of Americas. The maximum size of vessels able to transit is 65 000 DWT. The Canal is said to allow passing of some 90 % of the world fleets, but most all typical size of tankers, ore, coal and grain carriers are not able to pass. As for the coal from Norfolk, more than 80 % to the Far East countries is currently by Cape size, 150 000 DWT vessels, through the Cape of Good Hope.

(2) Transit time in canal water (TICW)

The transit time in canal water (TICW) is the total transit time from ocean to ocean. At present the PCC makes it a rule to control the TICW within 24 hours in average. Without waiting time, the PCC can keep actual transit 9 hours. Today's problem is increasing lockage transit time due to increasing size of vessel. The largest vessel takes about 1.5 hours to pass Gatun Locks.

(3) Constraint of water resources

The present capacity of water supply to the locks is 4 700 million m<sup>3</sup>/year and water usage for one ordinary vessel's transit between the two oceans is 0.219 million m<sup>3</sup>. This means that the capacity is equivalent to some 26 700 transits per year. Considering the demand of water supply for Panama and Colon, and being discharged considerable amount of rainfall in the rain season, the critical transit is said to be about 20 000 transit more nor less.

## 7. RECENT LOCK CANAL PLANS

Due to the limitations, new canal plans have been proposed since 1930's. Four of them were lock canal plans, namely, Third Lock Project, Terminal Lake Plan, Deep Draft Locks Plan and López & Moreno Plan. All the plans except the López & Moreno Plan, these were proposed by the U.S. government. The basic concept of the lock canal plans was to install one or two additional lanes along the alignment of the Canal. Although the Deep Draft Locks Plan was for passing super tankers by the Interocanic Canal Study Commission, they recommended a sea-level canal in the Route 10 which enable to pass huge aircraft carriers. Substantial objectives of the previous U.S. studies were military : they aimed, 1) to build a sea-level or a locks canal for passing of naval ships. 2) to make locks structure strong and/or separate from the existing waterway to get rid of vulnerability to fire.

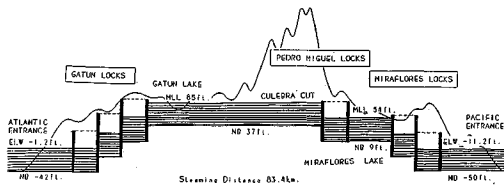


Fig.3 Panama Canal Profile (Source : Author's Work).

Today, only the Deep Draft Locks Plan and the López & Moreno Plan has enough draft to current typical size of tankers and other carriers.

## 8. CONCLUSION—KEY ENGINEERING FOR FUTURE LOCK CANAL

### (1) Level of the lakes

As stated in Terminal Lake Plan 1947 and the recent PCC's study, level of Lake Gatun of 85 ft. (MLL) should be up to about 90 ft. for saving dredging cost without any large invest. And this is my proposal, removal of sills at the bottom of miter gate is also effective. With these small improvements, some one meter of draft will be able to increase for Panamax, this will contribute not only saving the dredging cost for the future improvement, but also giving a benefit of topping cargoes for the Panamax carriers.

As for the level of Miraflores Lake, as stated in Terminal Lake Plan, a new lock should be one place at Miraflores, with two lifts or one lift to the level of Gatun Lake. The most practicable solution of the problem, this is my proposal which I call "Divide Lake Plan", is to divide the lake by installing a central dike between the new lock and existing locks. Water level corresponding to the new lock would be the same as Gatun Lake.

### (2) Design of locks

#### a) Concrete volume

Although nobody discussed details about the design of the existing Canal, this kind of type, gravity type should be reevaluated from economic viewpoint. That is, to save concrete volume, a caisson-type (cell type) structure may be cheaper than the existing type.

#### b) Number of lift

As for transit of huge vessels through a new lock, since no report pointed out this issue, I have to advise that shortening of transit time is needed. If a system of lockage transit is the same as the current 3 lift lock system, each lock transit will take more than 2 hours. 3 lifts would be unrealistic. A new locks must have one or two lift only.

### c) Number of lanes

Considering the current demand, as López & Moreno Plan stated, a new huge locks which we will be considered must be one-lane. Because, transit of the maximum size vessels will be few. The reason why two lane was chosen for the existing Canal was maintenance; if one lane would have been closed on account of maintenance, the canal would have been closed for about one month every year since the opening. Although now it was shortened to 10~14 days including drying up the locks. A new system for maintenance which enables it in some 3 days should be invented. Robotic or high-tech machine maintenance system ought to be introduced for the new locks' maintenance.

## REFERENCES

- 1) The Overseas Coastal Area Development of Institute : A Report for Alternative Study to the Panama Canal, March, 1984.
- 2) Gerstle. Mack: The Land Divided, Octagon Book, N.Y., 1974.
- 3) George. W. Goethals: Introduction Paper, Transactions of the International Engineering Congress, S.F., Sept. 1915.
- 4) Major P.J. Cowan: The Welland Ship Canal between Lake Ontario and Lake Erie 1913~1932, Reprint of articles.
- 5) John T. Sullivan Lieutenant, U.S. Navy: Report Historical and Technical Information relating to the Problem of International Communication by way of the American Isthmus, 1883.
- 6) Atlantic-Pacific Interoceanic Canal Study Commission, Interoceanic Canal Studies 1970, 726 Jackson Place N.W. Washington D.C., 1970
- 7) Kouji Yamaguchi : Panama Canal, Chukoh Shinsho, 1980.
- 8) Rear-Admiral, John G. Walker and other commissioners: Report of the Isthmian Canal Commission 1899-1901, Washington, 1904.
- 9) Brig. Gen. H.F. Hodges, U.S. Army: General Design of the Locks, Dams and Works of the Panama Canal, Transactions of the International Engineering Congress, S.F., Sept. 1915.
- 10) Panama Canal Commission: Pilot Hand Book, 1989.
- 11) Glen. E. Edgerton, Governor of the Panama Canal: The Third Locks Project, 1941.
- 12) The U.S. Government Print: Report of the Governor of the Panama Canal, Public Law 280, 79th Congress, 1st session.
- 13) Masataka Nagano : Historical Development of Ports and Harbours in the World, 1988 Feb.~1989 Mar.
- 14) López, Moreno Y Asociados, S.A.: Canal Interoceanico La Alternativa Panamenio, Nov. 1981.

(Received December 20, 1990)

## パナマ閘門式運河計画の歴史的発展過程に関する研究

長野正孝

著者は、第二パナマ運河計画の策定作業に従事し、パナマにて2年間運河計画の研究を行ってきた。本稿では、1914年に完成した現パナマ閘門式運河がどのような技術検討過程を経て生まれ、いかなる技術・システムが運河実現の鍵となったか、また、その後の新しい運河計画が生まれてきた背景を明らかにするとともに、将来、第二運河を閘門式で考える場合、計画面で留意すべき点について明らかにした。

---

# 内容紹介

# 土木学会論文集 内容紹介

No. 425/IV-14, 1991.1

公共システム整備のための評価指標—研究系譜  
と今後の課題—

小林潔司

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.81~90, 1991.1.

公共システムの社会的厚生について議論しようとするれば、価値判断の問題を避けることができない。本研究では、いくつかの特定の価値基準を明示し、その基準を満足するような評価指標の一般形を体系的に整理したものである。特に、公共システムの効率性と公平性のトレード・オフを明示的に分析するための評価指標の基本的な考え方について整理し、いくつかの指標の計画論的な意味と今後の研究課題について体系的に考察した。

## 業務交通の時間制約に関する基礎的分析

加藤文教・門田博知

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.53~62, 1991.1.

業務交通における時間制約の影響を分析した。業務交通の開始時刻については、勤務先の始業時刻と、業務の目的施設から受ける時間制約との両面から分析し、時間制約のタイプの相違を示した。交通パターンについては、業務交通に消費できる時間との数量的関係を示し、業務時間の変更に伴う業務交通行動への波及効果を考察した。最後に発生集中量に寄与する土地利用指標の時間変動から、業務交通需要における時間制約の影響を示した。

## 都市高速道路交通安全対策立案へのファジィ理論の応用

秋山孝正・邵 春福・内田 敬・佐佐木綱

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.91~98, 1991.1.

都市高速道路の個別対策案集合から路線単位の有効な組合せを抽出し、安全対策案を構成する手順を考えた。これには3種の代表的計算法があるが、いずれも予算確定制約条件を用いた算出法である。本研究では現実計画に含まれる不確定要因を各手法のファジィ化によって検討した。増分便益費用分析とDP法ではファジィ制約を考慮し、IP法ではファジィ便益係数の導入を図った。これにより有効な交通安全対策案導出が可能との結論を得た。

## 道路交通の安全性からみた都市道路網の評価法に関する基礎研究

今田寛典・南宮 冨・門田博知

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.63~71, 1991.1.

本研究は都市の道路網を交通の安全性から評価する方法を検討するものである。まず、安全性評価モデルの精度を向上させるため、道路網を構成するリンクとノードを比較的同質なグループに分類し、グループ別の評価モデルを構築する。グループ別に求めたリンクおよびノード個々の安全性を総合化し、道路網全体の安全性を推定する。この評価システムを広島市の道路網、および仮想の道路計画に適用した結果、提案した方法の有用性が確認された。

## 急曲線区間における波状摩耗の生成機構について

角 知憲・松本嘉司・村尾光弘・佐々木英之

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.99~106, 1991.1.

波状摩耗は、列車の走行に伴ってレール面が波形に摩耗するもので、車輪とレールとの間で強い相互作用を引き起こし、軌道破壊に至ることもある。本論文は、急曲線区間に生じる波状摩耗が、曲線転向のためのころがり・すべり摩擦による輪軸のねじり自励振動の原因とする可能性を検討したものである。本論文によって、列車の曲線通過によって自励振動、ないし減衰率の小さいねじり振動が発生し、波状摩耗となり得ることが示された。

## 時間的拘束を受けない日帰り交通の行動時刻決定モデルの作成とその自動車を用いるリクリエーション交通への適用

角 知憲・北岡大記・出口近士・一ノ瀬修

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.73~79, 1991.1.

リクリエーション交通のように、到着時刻などを旅客が自由に決定できる日帰り交通であっても、実際には1日のうちの特定の時間に集中することが多い。本論文は、このような日帰り交通の集中現象を記述するモデルの作成を試みたものである。作成したモデルを自動車を用いる国営広域公園への旅客に適用した結果、モデルがリクリエーション旅客の時間領域での行動をよく表現することが判明した。

## 知識ベースに基づく用途地域指定支援システム

清水英範・巖 網林・中村英夫

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.107~115, 1991.1.

本研究は用途地域指定を例に、土地利用計画支援システムへの知識ベースの導入方法について検討したものである。主な論点は、計画者等から知識をいかに獲得してルールを作成するか、そしていかなる推論によってこれらのルールから計画案を導くか、の2点である。本研究では、DEMATEL法を援用した客観的かつ簡便なルール作成方法、および従来のファジィ推論をより人間の判断過程に近づけるように改良した推論方法を構築し、実際問題への適用を通してその有効性を検証している。



## 住環境整備による住み替え便益の定義と計測モデル

森杉壽芳・大野栄治・宮城俊彦

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.117~125, 1991.1.

本研究では、立地予測と整合した便益計測を行うために、ランダム効用理論に基づく住宅立地行動の枠組みの中で、交通プロジェクト(住環境整備)による住み替え便益の定義と計測理論の提案を行った。まず、世帯の効用関数をゴーマン型で仮定し、最大効用の期待値にEVの概念を適用して世帯便益を定義した。そして、その定義式にテラー展開の第2項までの近似を施すことにより、世帯便益が消費者余剰に近似されることを示した。

## 地価の動的・空間的連関構造に関する基礎的研究

青山吉隆

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.127~133, 1991.1.

わが国における近年の地価変動には、空間的・時間的な波及がきわめて顕著である。しかし従来の研究にはこうした波及構造に関する理論がなく、実証的研究も少ないため、この地価変動の予測はむづかしく、また基礎理論にもとづいて有効な土地政策を考えることも困難である。そこで、この波及過程を解明し、体系化するために、「空間連関表」という新しい概念を提案し、その基礎理論を独自に開発し、解の存在条件などについて明らかにした。

## 空間的干渉を考慮した最適スケジューリングネットワーク作成方法の開発

湯沢 昭・須田 熙・平田克英・長尾 毅

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.135~144, 1991.1.

本論文は、空間的干渉を受ける工種間に管理的順序関係を付加する手法として、OPT-NETを開発し、その適用性の検討を行ったものである。OPT-NETとは、技術的順序関係のみで記述されたネットワークから、同一空間からなるサブネットワークを抽出し、それに巡回セールスマン問題を適用し、空間的干渉を考慮した管理的順序関係を付加する方法である。

## 市街地の建物火災に対応した消防水利計画に関する基礎的研究

保野健治郎・難波義郎・大森豊裕

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.145~154, 1991.1.

消防水利基準は、建築物や市街地の変化に対応した見直しが必要となる。本研究では、市街地における平常時の建物火災に対する消防水利を対象に、焼損面積・火面周長等の検討を行い、新しい消防水利基準の考え方を示した。すなわち、風下隣家再利用可能な状態で消火できるようにするためには、火元建物を全焼させないことを目標とする消防計画を策定すべきであり、そのための水利点数・水利点間隔・給水能力等の数値を提案した。

## 単独車両の発進挙動に基づく音響パワーレベル推定法

渡辺義則・角 知憲・川崎 孝・吉松正浩

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.155~164, 1991.1.

発進する単独車両から発生する騒音の音響パワーレベル(PWL)の推定方法を自動車工学、音響工学の知識を利用して提示した。そこでは車のエンジンの性能、道路勾配、走行車両重量から、車両が加速に使用可能な加速速度を決定した後に、これとドライバーが希望する加速状態および変速時のアクセルの踏み具合から変速速度、変速位置を決定し、車両発進後のPWLの時間変化、距離変化を前述の各種要因を考慮して求めることが可能である。

## ネットワークの分割と連続体近似による交通量配分

飯田恭敬・朝倉康夫・楊 海

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.165~174, 1991.1.

大規模道路網を対象とした交通量配分計算の効率化を目的として、ネットワークの要素分割と要素内詳細道路網の連続体近似による計算方法を開発した。連続体近似すればネットワークの規模はかなり節約でき、配分結果の精度はやや低下するものの、連続体近似しない場合の結果とおおむね一致することが示された。さらに、道路網を階層化すると精度が向上するため、提案した方法論は高密度交通圏のマクロな交通流解析に適用できるものと思われる。

## 時間交通量順位図の模倣作成による設計時間交通量の決定方法

林 伸次・松本昌二

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.175~182, 1991.1.

設計時間交通量を決定するためには、 $K$ 値不変の仮定が通常使用されているけれども、本研究では、将来の時間交通量順位図を模倣的に作成したうえで、30番目時間交通量をもって設計時間交通量を決定する方法を提案した。時間交通量順位図は、日交通量順位図モデルと時間係数モデルを掛け合わせ、それを並べ替えることによって作成できる。さらに、時間交通量順位図の折れ曲がり点の形成、および $K$ 値低下の要因について検討した。

## 都市バスにおける公共補助の論理とその判定指標としての路線ポテンシャル

竹内伝史・山田寿史

土木学会論文集 第425号/IV-14, pp.183~192, 1991.1.

自動車化の進展に伴い、どの都市のバス事業経営も難しくなってきた。にもかかわらず、わが国では公共的な財政補助を疑問視する世論は根強いし、制度的な制約も存在する。本論では、この公共補助が不可避である事情と理由を十分に検証したうえで、これらの諸制約を克服して補助を実施するための方策を考案した。そして、補助対象路線を分別し、補助額を算出し、さらに補助のなされた路線の生産性管理をするための指標として「路線ポテンシャル」を導入し、定義した。この指標は、名古屋市のバスについて具体的に計算し、その実用性を検証した。

## 土地区画整理設計支援システムの開発

川口有一郎・中村英夫・柴崎亮介

土木学会論文集 第425号/V-14, pp.193~202, 1991.1.

本研究は計算機による設計支援を前提として、合理的かつ実用的な土地区画整理設計案の作成方法を作り上げることを目的としている。そこでは、CAD、GIS、およびAI等の計算機技術を利用する意義を明らかにし、その利用を実際に可能とするマンマシンシステムを提案している。さらに、ここで提示した方法を実行に移すために街区設計、換地設計、および土地評価の3つの計算機システムを実際に構築し、その有効性を示した。

## 近代大阪築港計画の成立過程—ブラントンからデレーケまで—

松浦茂樹

土木学会論文集 第425号/V-14, pp.203~211, 1991.1.

本論文は、近代初期の大阪築港の成立過程を淀川治水との関係に焦点をあてて明らかにしたものである。安治川沿岸にあった近世までの大阪港は、淀川からの流出土砂に悩まされ、土砂対策が重要な技術的課題であった。近代の築港計画は、英人ブラントんに始まり蘭人ドールン、デレーケ等の西洋技術者が調査・計画を行い、デレーケの計画をもとにして着工された。淀川治水と強い関連があったが、地元調整の関係から淀川治水と切り離され、海港へと発展した。

# 土木学会への招待状

## 自然を見つめ、社会を見つめ、人を見つめることからDOBOKUははじまる。

### 土木学会 正会員、学生会員および特別会員 《入会のご案内》

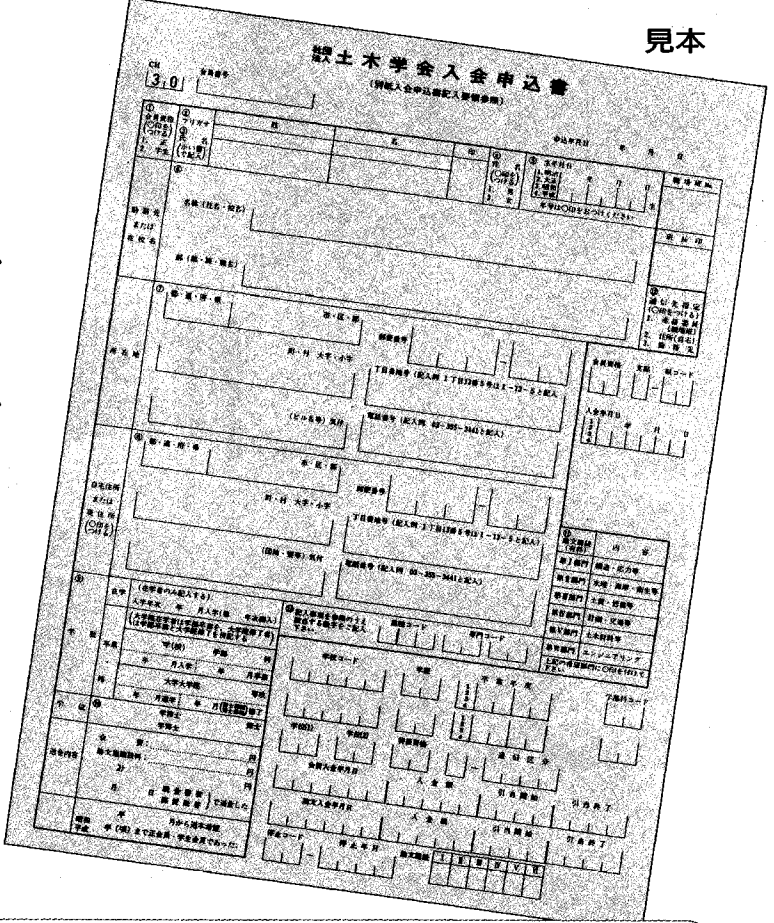
土木学会は、大正3年に、土木工学の進歩と土木事業の発達をはかることを主眼として創立された、わが国唯一の土木工学関係の総合学会です。

「土木」という言葉から受けるイメージは、とかく日常生活とは違いものですが、実は私たちの暮らしを取りまくとても身近なものなのです。たとえば治山・治水、上下水道、道路、鉄道、港湾、橋梁、トンネル、そして都市、公園、街づくり、リゾート…これらすべてが土木。安全はもとより、利便性に富み、快適であることが当たり前になっています。

しかし、これも「土木技術」という見えない知恵がしっかりと支えていてこそ実現できるというわけです。また視点を変えれば「土木」は実にビッグスケールな発想に満ちています。それらはひとつの方向からの発想にとどまらず、あらゆる分野からの検討を通して創り上げるトータルなランドデザイン、いわば人類の明日を創ることこそが「土木」の使命なのです。この可能性にあふれた「土木」の世界は、今や男だけのものではありません。女性にしかできない発想や感性が、今の「土木」には必要とされており。未来に向けての雄大なドラマづくり。「土木」は日々大きく歩を進めています。

長い歴史を誇る「土木学会誌」(月刊)、「土木学会論文集」(月刊)の刊行により、土木技術者相互の交流や技術情報の平準化をはかるとともに技術力の向上に努力しています(「土木学会誌」は会員に無料で配布)。また、年次学術講演会や関連の講習会、論演会シンポジウム等の開催、そして、附属土木図書館には内外の文献約3万5千冊とフィルム及びビデオライブラリーなどがあります。会員はもちろん、広く一般にも公開されているわが国唯一の土木専門図書館です。

\* 本会の会員は学会出版物を会員割引で購入できます。また、附属図書館への入館も無料となります。



見本

#### ★入会申込書の送付について

入会申込書記入要領をご参照のうえ、必要事項をご記入になり、会費と一緒に送付下さい。会費が入り次第手続きを行います。毎月20日までに入会申込書と会費が到着した方は、その月に入会手続きをし、翌月よりコンピュータに登録し送本を開始します。

会費は次のとおりです。

正会員 年額 9,600円 (月割800円)  
学生会員 年額 5,400円 (月割450円)

外国送本の場合は別途送料および送金手数料を負担していただきます。

在庫ご希望の方は本年 月20日までお申込みになると、本年 月号から送本できます。その場合の会費は月割計算とし、当年度末までの会費をお払込み下さい。ただし1～3月に入会手続きをされる方は次年度会費が入りませんと入会手続きができませんので、次年度会費を一緒にお払い込み下さい。

#### ★論文集ご希望の方へ

論文集は部門別に発行しています。それぞれの部門、発行月、購読料は次の通りです。購読者は希望部門に○印を付し(入会申込書)、購読料を会費と一緒に送付下さい。

部門	内 容	発行日	購読料	1冊売り
第I部門	材料力学、構造解析、振動工学、橋梁工学、構造設計、構造一般など	4月、7月、10月、1月	4000円	1500円
第II部門	水理学、水文学、河川工学、港湾工学、海岸工学、発電工学、衛生工学など	5月、8月、11月、2月	2000円	1000円
第III部門	土質力学、基礎工学、岩盤力学など	6月、9月、12月、3月	2000円	1000円
第IV部門	道路工学、鉄道工学、測量、交通計画、都市計画、地域計画など	7月、1月	2000円	1500円
第V部門	土木材料、土木施工法、コンクリートおよび鉄筋コンクリート工学、舗装など	8月、2月	2000円	1500円
第VI部門	エンジニアリング	9月、3月	2000円	1500円

#### 〈資料請求先〉

〒160 新宿区四谷1丁目無番地 (社)土木学会 会員課  
☎03-3355-3441(代) 内・130～132 FAX 03-3355-3446

地球を切る! 視る! 創る!

未来設計企業

CRC

3次元地質解析システム

# GEORAMA

ジオラマ

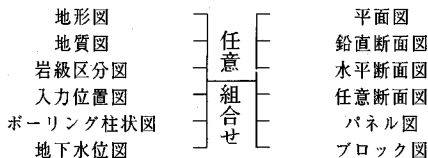
## 概要

地質調査で得られたデータを基に、利用者の判断を加味して3次元地質モデルを作成します。この3次元モデルより地質・岩級区分・地下水位等をグラフィック表示並びに作画します。今後この3次元モデルを利用して解析用メッシュ作成等への応用が考えられます。

## 特徴

- ・走向・傾斜データも考慮できる高度な推定法
- ・複雑な地質体モデルの表現が可能
- ・ビジュアルで豊富な出力機能
- ・図面間での整合性がとれる
- ・操作性の高いシステム

## 出力図面



## ユーザーインターフェースにより、拡がる適用分野

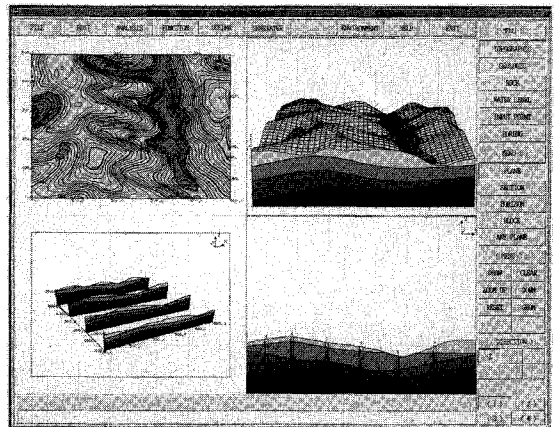
データベース      土量計算      構造物マッピング  
メッシュジェネレータ      プレゼンテーション資料      その他

## 標準適応機種(EWS)

- ・SONY-NEWSシリーズ\*
  - ・Sun-3, Sun4, Sun-SPARCシリーズ\*
  - ・HP9000/300, HP9000/800シリーズ\*
- \*ウィンドウシステムとしてX-Window System, Version 11 (X11)が必要です。  
(標準以外のものにつきましては御相談に応じます)

- |   |   |  |
|---|---|--|
| (株)アイ・エヌ・エー<br>アイサワ工業(株)<br>アイドルエン지니어リング(株)<br>アサヒ地水探査(株)<br>(株)イトコンサルタント<br>応用地質(株)<br>大阪ガス(株)<br>大手開発(株)<br>(株)大林組<br>(株)奥村組<br>川崎地質(株)<br>基礎地盤コンサルタンツ(株)<br>(株)熊谷組<br>(株)建設技術研究所<br>建設省 土木研究所<br>五洋建設(株)<br>佐藤工業(株)<br>サンコーコンサルタント(株)<br>(株)四国総合研究所<br>(株)四電技術コンサルタント<br>清水建設(株) | (株)情報数理研究所<br>(株)新日本技術コンサルタント<br>住友建設(株)<br>住友建設(株)<br>石油資源開発(株)<br>全日本コンサルタント(株)<br>大成建設(株)<br>大豊建設(株)<br>(株)ダイソク<br>(株)ダイヤコンサルタント<br>(株)竹中工務店<br>中央開発(株)<br>(株)地球科学総合研究所<br>中電技術コンサルタント(株)<br>通産省 地質調査所<br>電源開発(株)<br>(株)電力中央研究所<br>東急建設(株)<br>東建地質調査(株)<br>東京電力(株) | 東電設計(株)<br>東電ソフトウェア(株)<br>東洋地質調査(株)<br>動力炉・核燃料開発事業団<br>(株)中堀ソイルコーナ<br>西松建設(株)<br>日本工営(株)<br>日本国土開発(株)<br>(株)日本パブリック<br>エンジニアリング<br>(株)間組<br>(株)阪神コンサルタンツ<br>ヒロセ(株)<br>フジタ工業(株)<br>(株)富士とボーリング<br>北光ジオリサーチ(株)<br>北海道開発コンサルタント(株)<br>三井建設(株)<br>三菱金属(株)<br>村本建設(株)<br>明治コンサルタント(株) |
|---|---|--|

3次元地質解析システム研究会 参加メンバー



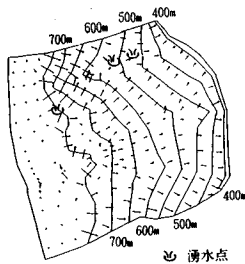
株式会社 **CRC総合研究所** 西日本支社

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3  
(06)241-4121 営業担当: 岩 崎

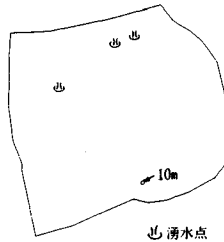
あの地下水解析ソフトがさらに機能充実!

# UNISSF<sub>ユニセフ(V-2)</sub>

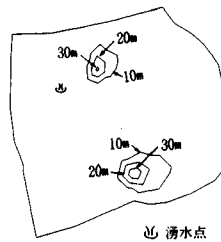
スピーディな同定・安価な解析



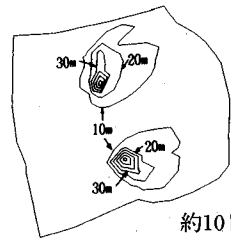
初期状態の地下水流



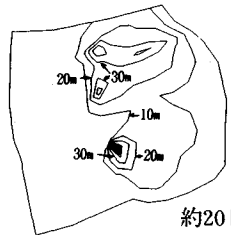
トンネル掘削開始直後



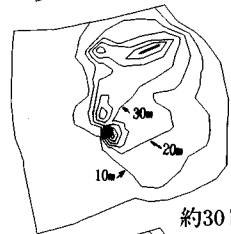
約4日後



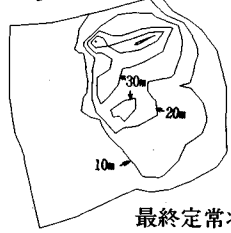
約10日後



約20日後



約30日後



最終定常状態

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

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3  
(06)241-4121 営業担当: 岩崎

# 地盤の有限要素法解析ソフト

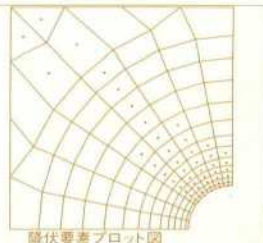
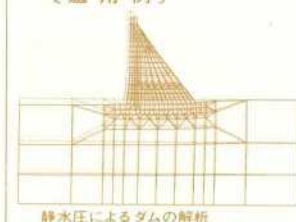
# 世界標準のソフトウェア Mr. SOIL Version-2.5

### ■豊富な機能

- ・弾性及び弾塑性解析が可能。
- ・掘削・盛土機能により、施工ステップにしたがった解析が可能。
- ・荷重の段階的載荷が可能
- ・側圧係数の指定が可能\*
- ・充実したグラフィック機能  
 変位ベクトル図\*、変位コンター図\*  
 応力ベクトル図、応力コンター図  
 棒・梁要素断面力図\*  
 降伏要素プロット図\*

\*はV.2.5による追加機能

### 【適用例】



### ■お求めやすい価格設定

パソコン版(PC-9801シリーズ)……64万円(税別)  
 EWS版(NEWS, SUN, HP, VAX など)……220万円(税別)

■実績が示す高信頼性(使用実績187本 平成2年度8月末現在)

㈱アースコンサルタント  
 アイドルエンジニアリング㈱  
 ㈱英エンジニアリング  
 ㈱荒谷建設コンサルタント  
 石川工業高等専門学校  
 ㈱ウエスコ  
 上山試験工業㈱  
 運輸省港湾技術研究所  
 ㈱エイトコンサルタント  
 ㈱N T T 鈴鹿電気学園  
 ㈱オリエンタルコンサルタンツ  
 ㈱応用地学研究所  
 大阪大学  
 大阪市交通局  
 大阪府立工業研究所  
 (財)大阪土質試験所  
 大阪府立工業高等専門学校  
 大阪府立大学  
 岡山大学  
 岡山大学  
 ㈱奥村組 技術研究所  
 奥村組土木興業㈱  
 小田急建設㈱  
 小野田ケミコ㈱  
 小野田ケミコ㈱  
 鹿児島大学  
 梶谷エンジニア㈱  
 鹿島建設㈱  
 金沢大学  
 金沢大学  
 川崎地質㈱  
 関西電力㈱  
 岩水開発㈱  
 関西航測㈱  
 ㈱基礎建設コンサルタント  
 関西大学  
 九州共立大学  
 九州産業大学  
 九州産業大学  
 九州産業大学  
 九州大学  
 九州電技開発㈱  
 京都市立伏見工業高等学校  
 京都大学  
 京都大学  
 京都大学  
 協和電設㈱  
 近畿実測㈱

近畿大学  
 近畿大学  
 近畿大学  
 岐阜工業高等専門学校  
 久保田建設㈱  
 ㈱熊谷組  
 ㈱熊谷組  
 ㈱建設企画コンサルタント  
 ㈱建設工学研究所  
 神戸大学  
 神戸大学  
 神戸大学  
 興亜開発㈱  
 佐賀大学  
 佐伯建設工業㈱  
 佐田建設㈱  
 佐藤工業㈱  
 佐藤工業㈱  
 サンコーコンサルタント㈱  
 滋賀県立短期大学  
 ㈱CIT構造技術研究所  
 鳥根大学  
 昭和地質情報リサーチ㈱  
 ㈱新日本技術コンサルタント  
 新日本製鉄㈱  
 新技術計画㈱ 技術設計部  
 J R 西日本コンサルタンツ㈱  
 ㈱住化土建設  
 住友建設㈱  
 住友建設㈱  
 ㈱西播設計  
 ㈱ソイルブレーン  
 促進工事㈱  
 ㈱第一コンサルタンツ  
 大成建設㈱  
 大成基礎設計㈱  
 大豊建設㈱  
 大豊建設㈱  
 ㈱ダイヤコンサルタント  
 ㈱ダイヤコンサルタント  
 ㈱高千穂設計コンサルタント  
 ㈱カラエンジニアリング  
 ㈱竹中工務店  
 玉野総合コンサルタント㈱  
 ㈱地崎工業  
 ㈱地盤調査事務所  
 ㈱中央設計技術研究所  
 中央復建コンサルタント㈱

中国電力㈱  
 中部工務㈱  
 中部電力㈱  
 通信土木コンサルタント㈱  
 ㈱テクノタス  
 東海大学  
 ㈱東京建設コンサルタント  
 東京大学  
 東京地下工事㈱  
 東京都土木技術研究所  
 東建地質調査㈱  
 東鉄工業㈱  
 東電設計㈱  
 東電設計㈱  
 ㈱東日測量設計社  
 東邦エンジニアリング㈱  
 ㈱東和技術コンサルタント  
 動力研・核燃料開発事業団  
 戸田建設㈱  
 ㈱中堀ソイルコーナ  
 西谷技術コンサルタント㈱  
 西松建設㈱ 技術研究部  
 日本大学  
 日本大学  
 日本鋼管㈱  
 日本鋼管㈱  
 日本シールドエンジニアリング㈱  
 日本工営㈱  
 日本工営㈱  
 日本交通技術㈱  
 日本通信建設㈱  
 日鉄鉱コンサルタント㈱  
 日本水工設計㈱  
 日本道路公団 試験所  
 ㈱日本パブリックエンジニアリング  
 ㈱日建技術コンサルタント  
 ㈱ニュー設計  
 八戸工業大学  
 林建設工業㈱  
 ㈱阪神コンサルタンツ  
 東日本旅客鉄道㈱  
 ㈱日立造船技術研究所  
 ヒメノコンサルタンツ㈱  
 ヒロセ㈱  
 福井大学  
 ㈱藤井基礎設計事務所  
 フジタ工業㈱  
 フジタ工業㈱

㈱復建エンジニアリング  
 ㈱復建エンジニアリング  
 藤原技術士事務所  
 復建調査設計㈱  
 不動建設㈱  
 不動建設㈱  
 不動建設㈱  
 ㈱芙蓉調査設計事務所  
 北光シオリサーチ㈱  
 前田建設工業㈱  
 前田建設工業㈱  
 前田設計㈱  
 ㈱松村組  
 三井建設㈱  
 三菱重工業㈱  
 明治コンサルタント㈱  
 メトロ設計㈱  
 ㈱守谷商会  
 山口大学  
 山口大学  
 山口大学  
 ㈱四電技術コンサルタント  
 りんかい建設㈱  
 和歌山工業高等専門学校  
 和歌山工業高等専門学校

### 海外

オランダ デルフト大学  
 米国 ミネソタ大学  
 米国 イタスカ社  
 西オーストラリア大学  
 韓国 大林エンジニアリング  
 韓国 三星建設  
 韓国 現代エンジニアリング  
 韓国 大韓コンサルタンツ  
 韓国 正友エンジニアリング  
 韓国 先進エンジニアリング  
 韓国 大宇  
 韓国 大宇  
 韓国 又大エンジニアリング  
 韓国 原子力研究所  
 韓国 三安エンジニアリング  
 韓国 都和エンジニアリング  
 韓国 宇星エンジニアリング  
 韓国 ソウル大学  
 韓国 ソウル大学  
 韓国 光州大学

(五十音順 敬称略)

株式会社 **CRC** 総合研究所 西日本支社

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3  
 (06)241-4121 営業担当: 岩 崎