



土木研究所資料
第 883 号

都市の開発プロセスをシミュレート
するためのゲームについて(訳)

昭和 48 年 11 月

建設省土木研究所
企画部システム課

TM-90.FT-6.F-577

ま え が き

都市問題の研究については多くの学者がいろいろなモデルを提案しており、米国では、すでにこの問題にゲームの理論を用いた例もある。本理論は都市問題を把握する一手法として、その必要性が益々増してくるものと思われる。

そこで、ここではCATS(The Chicago Area Transportation Study)のHarvey O. HaackとNorthwestern大学のGeorge L. Petersonが1971年12月にASCEの都市計画部門の雑誌に発表した下記の論文を翻訳した。

Harvey O. Haack, George L. Peterson: "Games for Simulating Urban Development Process," Journal of the Urban Planning and Development Division, ASCE, December, 1971.

本資料は、システム課の研究業務の一環として、とり急ぎ作成した仮訳を印刷したもので、訳語等について必ずしも国内の他の論文等との整合性について意を用いたものではない。従って、大筋において本資料が読者諸兄の都市問題研究の一助になれば幸いである。

尚、翻訳担当者は下記のとおりである。

小 浪 博 英 (システム課建設専門官)
関 正 和 (" 研 究 員)
梶 太 郎 (" 研 究 員)

土木研究所企画部システム課長

岩 松 幸 雄

TM-90 FT- 6 F-578

都市開発プロセスをシミュレート

するためのゲームについて

“Games for Simulating Urban Development Process”

Journal of the Urban Planning and
Development Division, ASCE, December, 1971.

by Harvey O. Haack (CATS)

George L. Peterson (Northwestern
Univ.)

序

本論文のテーマである「都市の開発プロセスをシミュレートするためのゲーム」は、近年、土地利用計画とか都市開発に関してエンジニアでの間の興味が急に増してきたものである。社会におけるエンジニアの位置付けを歴史的に眺めてみると、人類の発展的存続のために物資や自然の力を経済的に活用し、環境を改善したり保全したりするとともに、日常生活や産業とか交通のための施設を供給し、人類の利用する構造物を提供すること」であった。(ASCE Board of Direction による土木工学の定義より、1961年10月) この任務をまっとうするため技術者自身自然との闘いに遭遇したことは度々であった。

そして皮肉なことには、自分が奉仕しなければならない人類とも闘いを進めなければならないということを技術者自身ますます知らされることになった。現在の社会においては、技術的に規模の大きい如何なるプロジェクトも住民の批判なしに行なわれることは殆んどありえない。技術も社会も共に複雑さを増し、公共と個人との間の大きな矛盾のために、多くの事業が行き詰りに追いやられてきた。この端的な例が最近の都市内高速道路の提案に伴って発生している白熱した論争である。

この種の新しいあつれきに対して技術者は如何に対処できるのであろうか? ゲームを用いることによって、現在しばしば直面する未知の反対意見に対する理解を大きく深めることができることだけは多分確かであろう。ウェブスターの辞典によれば、「お互いの間のあつれきはゲームをする上での基本的要素である」と示されている。また、同じ辞典によるゲームの定義は、「必要な情報と、利益を最大としかつ損失を最小とする目的で自分の動きを選択する権利を与えられ、相反するお互いの興味の下におかれている状態」とある。ゲームに参加し観察することにより技術者の計画や設計に影響を与える社会の力や政治の力を我々は知ることができる。

TM-90 FT- 6 F-579

本論文の目的としては第一にゲームに関する一般的理解を助け、一体それがどういうものかを究明することであり、第二に都市ゲームの実態を復習し将来の展望をすることである。ゲームを記述することは全く容易ではあるが、ここで用いられる神秘的な言葉は何年もの間特別の目的のために用いられ発展してきた数々のゲームより導かれたものである。用語はある程度混乱してはいるものの、都市のゲームを行なう可能性に対して興味がわき上ってきた。入手可能な文献を読んでいるうちに余計な部分が次第に削り取られ、ゲームに対する理解が深まるとともにそれを都市発展のプロセスに応用した際どのように役立つか、よりよく知ることができる。

本論文の主要部分は3つのセクションに分かれる。最初の部分はゲームに関する経緯の一般的分析であり、ゲームに関する文献に用いられる言葉の定義、ゲームとシミュレーションと計算機との間の関係、およびゲームの応用について述べてある。第2の部分は教材として開発された数々の都市ゲームを紹介する。第3の部分では教材として、あるいは実際の計画に都市ゲームを応用するために必要な展望を展開してみた。

ゲーム一般

本節ではゲームに関する一般的知識を提供する。まず、ゲームに関する経緯の概要からはじめよう。

ゲームの経緯(3) ゲーム、特に戦争に関するゲームの始まりは何千年も逆のぼることになる。初期の戦争に関するゲームは現在のチェスのように板の上で行なわれたということは、ただ単なる偶然の一致ではないことは確かである。18世紀になるとドイツ軍の手によって地図を用いるとともにゲームの規則と罰則とが公式に定められた。19世紀には戦争に関するゲームの手法がアメリカ合衆国に導入され、20世紀になると第2次世界大戦のために戦争ゲームが枢軸国の間で相当に用いられた。1941年12月における真珠湾攻撃も、同年9月に日本人の手によってシミュレートされ、戦略のひとつがゲームにより演じられている。その結果によれば、アメリカ軍に与える損害は重大であろうと予測している。

第2次大戦以降は戦争に関するゲームが信じうる領域を超えて、自己満足的になってしまった。大陸をおおうレーダー網、大陸間防衛ミサイル、衛星による調査網、地球全体を表わす劇場サイズの電子ディスプレイ装置を駆使するシミュレーションは最早SF的であり、その複雑なオペレーションは既に想像の限界を超えてしまった。

また、第2次大戦後は軍事以外の分野でもゲームに関する研究活動が活発に行なわれた。なかでも経営に関するゲームは多分最も数が多く、その結果も最も効果的であつただろう。1956年にAmerican Management Associationにより開発された最初のゲームは戦争ゲームに酷似していた。その他の分野における有用なモデルとしてはNorthwestern大学のHarold Guetzkowによ

TM-90 FT-6 F-580

り開発された国際ゲーミング・シミュレーション (International Gaming Simulation) がある。彼のゲームでは5ヶ国を表わすチームが用いられている。個々のチームは国内の条件と、外部的、つまり国際的狀態とに関連づけられていなければならない。各国家は発展の程度や使い得る資源の点で異っており、これらは自動的に定まっても、ゲームの規則によって与えられても良い。おのおののチームは国家の目標と国家政策を推進する上での国際的な力を調和させたものでなければならない。ゲームは何回も繰り返されるものであり、もしあるチームが国家の目標を達成できなかった場合にはそのチームは除外されてもよい。また、国際的感覚からすれば、そこには常に戦争の危機をはらんでいる。

定義 ゲームの分析にあまり深入りしてしまわないうちにゲームを記述する際にしばしば用いられるいくつかの言葉を定義しておくほうが得策であろう。ゲームに関する書物の中にはオペレーショナルゲームとか、ゲーミング・シミュレーションとか、ヒューリスティックゲームとか、ゲームストラテジーとか言う言葉がしばしば登場する。オペレーショナルという言葉は現実のデータを用いてゲーム参加者がある実生活の法則に基づいてゲームを展開していくことを意味しており、それら参加者は少なくともゲーム進行中において代表取締役とか、軍隊の大將とか、市長ということになる。ゲームというものは複雑なシステムの中からシステム要素を構成している本質だけを各人が取り出そうと努力するというシミュレーションである。それ故、ゲームをするということはそのゲームが表わしているプロセスをシミュレートしていることになる。ヒューリスティックゲームとは、ゲームが直感とか経験に基づいて進められるということを暗示しており、そのようなゲームが市とか企業の要求を実際に表現しているかどうかを検証する方法がない。ただ、直感とか経験によってそのゲームに関連するプロセスをシミュレートしていることを信じる以外に方法はなく、これを証明することはできない。最後に、ゲームの重要な要素は、ある目標を達成するための戦略や計画である。

一般的には、いかなる慎重を要するゲームであっても、オペレーショナル—ヒューリスティック—ゲーミング—シミュレーションと呼ぶことができる。それは、理論や原理を実際に応用してみようとする点でオペレーショナルであり、結果が正しくとも正しくなくともそれを証明することができないという点でヒューリスティックである。相対する行動に関してその対立、競争、戦略、不確定さ等が全て含まれているのがゲームであって、そのゲームが表わしているプロセスを明白にするという点ではシミュレーションに他ならないことを最後に付け加えておく。

ゲーム、計算機、シミュレーション 前節では、ゲームがシミュレーションであることを示した。ここではゲーム、計算機、シミュレーション相互の関係について更に深く究明してみる。Meier と Duke は純粹のシミュレーションと純粹のゲームとの違いを示した。(7) 彼等の記述によ

TM-90 FT-6 F-581

れば、純粹のシミュレーションで用いる計算機の使用法は、シミュレーションとゲームを組合せる際に用いられる混ざり合った使用法とは何か異なっている。

純粹なシミュレーションは、ブラックボックスによる手法と呼びなおしても良く、分析しようとしているシステムを表わすための数学モデルに初期の努力が集中される。モデルに用いられる関係式は、現実の世界のダイナミックなプロセスを出来得る限り忠実に表わすものであるが、ひとたびこのモデルがコンピュータにかけられると、このプロセスがいわゆるブラックボックスと呼ばれる箱に包まれてしまい、興味の対象はインプットとアウトプットだけになってしまう。

ダイナミックなプロセスが興味の対象となっている場合にはゲームによるアプローチはより信頼度の高いものとなる。ゲームによるアプローチによれば、社会的に、政策的に、財政的に、あるいは軍事的利益のために対立する社会の多くの要素を包含することができる。純粹なシミュレーションと異なり、ゲームによって対立や解決の過程を連続的に表現できる。この方法によって競争というダイナミックシステムも展開されたプロセスとして検証することができる。

しかし、ゲーム参加者が吸収し得る詳細なる情報の量とか、理解し得る情況の複雑さによりゲームの大きさが制約を受ける。ハイブリッド（混ぜ合せた）なアプローチによれば、大きさも領域も拡大することができる。このアプローチの場合、計算機による決定プロセスを表わす数式の迅速なる計算によって複雑な状態をシミュレートすることができる。もし、この計算を人力でやったならば、このシミュレーションを完成するのに何か月も、何年もの年月を要することであろう。このようにしてハイブリッドな手法により実際の世の中の要素を時間的にも空間的にも圧縮してゲームの複雑さを増大させることができる。

実際にはゲームとコンピュータとの関係と、コンピュータとそれを他に応用する場合の関係との間に何らの違いも存在しない。そこには何らの直接的関係は存在せず、ただ単に道具と技術を組合せるだけのことである。しかし、計算機によるシミュレーションが未だ完璧ではないということを忘れてしまうと、これは最大の危険にもなる。このような機会が個人の経験を豊かにするものであると考えれば、Meier や Duke が言うように、シミュレーションとは「榮譽と促進への道 (path to prestige and promotion)」であるとも考えられる。(7)

ゲームの活用 少なくとも五つの分野においてゲームを有効に活用することができる。それらは教育と訓練、問題解決、代替案の評価、理論の拡張または改良およびその両者、将来性ある経営者の評価である。

教育 これが最も面白いものであって、軍事目的以外のものは未だこの範囲を脱していない。Andlinger によれば、「教育のためのゲームの主たる目的は既存の観察結果や原理を実演してみることにある」(1) と述べており、Thomas と Deemer によれば、「ゲームをするプロセスを通じて、通常の読書や研究による以上の信念を得ることができ、特に解析手法に熟達していない者にとって

TM-90 FT- 6 F-582

この傾向は顕著である」(9)。Mood と Specht は更に、「ゲームはとるに足らない事実を除外する手法として、いとも簡単に人を魅惑してしまう」(8) と述べ、Andlinger は、ゲームをすることは詳細な事実を教えるために特に有益とは限らないとも考えている。けれども、ゲームをすることによって方法や技術を教えることができる点では大きな利点でもある。主たる利点としては、複雑な状況の下にあって基本的な原則を貫く方法を実演するというゲーム遂行能力をあげることができる(1)。Feldt は「これらの手法は、いろいろな考え方の複合体やいかなる聴衆に対しても、数学や経済学の素養の有無にかかわらず、お互に交流する強力な武器となるものである」(Feldtはこの考え方をThe Office of Emergency Planning と The Department of Housing and Urban Development によって1966年10月20日と21日に主催された「政策形成における経済モデルの役割」に関するシンポジウムの席上での発表のために用意された非会式な論文の中で示している)と述べている。

最後に、ゲームは実際の問題解決をせまるといよりも、経験によって教育をしていくので、将来性ある経営者に対する実害のない意志決定訓練として役立つ。(1)

問題解決 ゲームは問題解決の手法としても提案されてきた。ある場合には直接解くことができない複雑な問題に対してもゲームによって近似解を求めることが可能である。この方法による場合、ゲームを実行するたびに異なる結果が得られる。しかし、何回も繰り返してゲームを実行することにより最もそれらしい結果が導かれるのである。従って、これが正しい結果の近似解であると仮定されるのである。このことについてAdlinger は、「問題解決のゲームとは繰り返しゲームをすることによって得られるそれらしき答を得ることのできるゲームのことである……」(1) と言っている。更にThomas と Deemer は、「自分に有利な状況の下における〔問題解決のゲームの参加者〕は、50回か100回ゲームを繰り返すことによってゲームの価値というものを0.005の精度でもって理解できたように感じるかもしれない。一方、好ましくない状況から自分を守るため、あるいは更に精度を高めようとする場合には、良心的なオペレーショナルなゲームの参加者は少なくとも数百回繰り返したいと願うものである」(9)。最も単純なゲームの場合に限って何回も繰り返すことが信頼性を高めるものである。そのような単純なゲームは複雑なシステムをシミュレートする場合でもほとんど現実性を持っていないということに疑いはない。

代替案評価 見通しのもっとも明かるい面についていえば、全ての問題について有用な観察結果を得なければならないわけではない。最良の戦略を決定することは困難には違いないが、得られた代替案をただ単に分析するだけでも有益である。この方法は1941年9月に日本人が行なった戦争ゲームに用いられた。真珠湾攻撃がアメリカ合衆国に損害を与えるであろうと予測されていたのを思い出すにつけても、日本にとってこれが最良の戦略であるという保障はなかった。実際、史料に基づけば、この計画に対しては日本人将校の中にも相当の反対意見があったということである。(3) しかしながら、ゲームによるシミュレーションを通じて日本人将校はその作戦により起り得る結果

TM-90 FT-6 F-583

を知っていた。

理論展開 Guetzkowは理論を展開することにもゲームを応用するよう提案している。理論、すなわち物理的あるいは社会的現象を説明する原則の集合体というものは、一般的には仮説を立ててそれらを検証することにより展開される。単純なシステムにおいては直接観察するだけで理論を検証することができる。しかし、大規模で複雑なシステムの場合、通常、モデルを組立てて現実のシステムというよりはモデルを観察することにより仮説を検証するのである。

モデルは言葉で表わされたものでもよく、シナリオとも呼ばれるべきもので、多くの場合システムの要素をシミュレートするために導かれた数式で表現されている。人間がシステムの基本的要素になっている場合には、ゲームが行なわれるとき1人1人の人間がモデルの一部となる。そして彼等は現実の世界の状態に基づいて各人の役割を演じることになる。この場合の仮説はゲームの進行を観察することによって検証されるのである。

Guetzkowはゲームを行なうことにより社会理論を更にしっかりとした体系に導くことができると述べている。彼はまた、口頭とか数学を用いる議論よりもゲームを行なうことの方が秀れたアプローチであると考えている。彼の言葉によってその理由を説明するならば、「ゲームは社会のシステムを動かすモデル作りのための一代替案ではあるが、それを実行する場合の特性として文章とか数式でモデルを形成する場合以上にモデル構成を明白にすることが必要になる。」(5)からである。

将来性ある経営者の評価 ゲームのもうひとつの応用はAndlingerにより述べられているとおり、ゲームを続けていく過程を通じて、ゲーム参加者が与えられた情報をどの程度理解し、問題点を拾い出し、正しい決定を下す能力を有しているかを評価することができるのである。しかし一方では、現在の開発段階をもってこの手法を適用することは「明らかに高級で危険な分野」であることを彼自身も認めている(1)。

おわりに、ゲームというものは決して万能薬ではないが、いくつかの分野においては少なくとも十分に有用であることがわかっている。最も良い例は教育の分野である。これは、ゲームというものが学習の過程を向上させるものであることの証拠でもある。このことは複雑なシステムに理論的原則をあてはめようとするときに特に正しいことであろうと思われる。

都市ゲーム

都市ゲームがいくつか開発されている。この節では、教育目的を成功裏に達成できるという意味で扱い易いゲームを3つ取り上げてみよう。一つはAllan Feldtのコーネル土地利用ゲーム(Cornell Land Use Game, CLUG)。二つ目はMeierとDukeのメトロポリスゲーム(Metropolis Game)、そしてあとひとつはPeter Houseのシティー1ゲーム(City 1 Game)である。

TM-90.FI-6.F-584

コーネル土地利用ゲーム(4) コーネル土地利用ゲームは1963年の初秋、Allan Feldtが開発した。コーネル土地利用ゲーム(以後CLUGと略称)の目的は都市の生態の基礎原理を学生に教えることにある。ゲームは最初、土地開発が全くなされていない空地から始まり、人口約10万人程となってすべての土地が利用されるまでプレーが続けられる。ゲームを終了するには、連続してプレーを続けて約10時間程度必要である。

ゲームは縦横14個づつに区切った正方形のマスの目の上で行なわれる。板面を四つの正方形に分割する2本の直角に交わる直線は主要高速道路を表わし、その他のマスを形成する直線は二次的な道路網を表わしている。高速道路上のスピードは二次的な道路の2倍であるとする。

すべての土地利用はつぎの4つの範疇に分類する:工業地、商業地、サービス地、住宅地。商業地は都心部の商業活動を示し、サービス地はもっと分散した機能に適用する。

CLUGには3人のプレイヤーまたは3組のチームと、3人の審判、すなわち元締めと勘定者とふつうの審判員が参加する。プレイヤーは土地の一つのマスの目に対し、同時に値をつける。これによって買い上げた土地には、それぞれ4種類の土地利用のうちの一つの利用形態を指定できる。住宅地としての利用を選定すると、3分の1の密度まで開発してよい。収入を得るためには、土地利用を改めなければならない。また、土地は予期した機能が果たせるよう利用しなければならない。すなわち、工場には労働者が必要だし、家には(仕事をもった)居住者が、商業地やサービス地には消費者が必要である。こうした条件がととのったときはじめて、各土地所有者は、それぞれの場合にに応じて収入や地代を得るのである。

土地を得たり、その改良を行ったりする資本金の他に、運輸交通や構造物の維持保修のために運営費が必要である。維持保修費の支出を先に延ばすことは可能であるが、その場合には減価償却の速度が速くなる。また、従業員への支払い給料、貸し付けに対する利子、高度な土地利用を行なうための現状破壊費用等々の費用や、各種のペナルティも設定されている。

この社会と、外部の世界との接触は、この板の端に設置された一つかそれ以上の港湾を通じて行なわれる。通常、工業は港湾付近に集中する傾向があり、商業やサービスは内部の市場に関連して立地する。こうした諸活動に労働力を提供している労働者は、職場の近くに住んで交通費を最小にしようと試みる。

道路閉鎖のような特殊な事件も各回(約90分で一巡)の最後に事件発生カードから一枚のカードを引くことによって発生させている。カードは事件をランダムに発生させるためによくきってもよいし、仮想的な危機を連続して発生させるために順番に並べておいてもよい。

Feldtはその論文の中でCLUGの拡張についていくつか提案を行なった。そのひとつは競技板を1960年のニューヨーク州Syracuse市の街路網、街路構造とよく似ているようにゲームを修正したことである。さらに、つぎのような修正について提案を行なっている。

1. 工場の操業停止を発生させることができるように、工業製品の変動市場を導入すること。

TM-90 FT-6 F-585

2. 在庫製品の導入や不景気な市場における工業プレイヤー同士の競争など——現存する業務経営ゲームのうち、いくつかで使われている方法を取り入れること。
3. ある限られた資本をもち、貸付けや抵当その他、プレイヤーに財政的援助を行なう財政プレイヤーを設定すること。
4. 地域区分指定を可能にするとともにアピールと多少の政治的機能を有する地区指定委員会を設置する。
5. 現在ある他のゲームと連動させること。

これらのアイディアは明らかにシティーゲーム (City Game) に組み入れられている。さらにつぎの節のゲームにおいても吟味されている。

メトロポリス・ゲーム (2, 3, 7)

メトロポリス・ゲームはミシガン州立大学において、Richard L. Meier が考え、Richard D. Duke がそれを発展させた。初期段階の仕事は1963年に始められ、1964年の初めまで続けられた。メトロポリスは学生と若手専門家の教材として開発されている。メトロポリスの強調すべき点は(3)に以下のとおり示してある。

1. 過半数のプレイヤーの役割
2. 首都の発展形態上の改善の重要性
3. 各種の社会的論争の影響
4. プレイヤーと首都改造と社会的論争の間の関連

もともと Meier が考えたところによると、メトロポリスには4種の主たる役割をもつ人がいる：投機筋と政治家と行政官と教育者である。Duke はメトロポリスの最初のオペレーショナルモデルの開発において、コンピュータは使わなかったが、ゲームを行なう上でうまく処理し、計算するために、教育者の役割を削除した。

メトロポリスは仮想的社会であるが、ミシガン州の Lansing 市がゲームの組み立てにおいてよりどころとなっている。都市は地理的に3つの地区に区分されている。1つは中央業務地域であり、1つは労働者と中流階級の地区、そして他の1つは、上流階級の住む地区である。

各プレイヤー、または各グループはゲーム全体の状況の中で自分の手をうっていく。行政官は政治家に提出する首都改造計画の準備を進める。行政官の目標は同僚とともに職業上の名声を上げることにある。3人の政治家(各地区から1人づつ)は現実には年度内(プレイの一巡)に建設される計画を選ばうとする。政治家の目的は再選されることである。投機筋は政治献金によって開発地点に影響を与えようとする。投機筋の目標は、彼らの投資に対する見返りを最大にすることである。もちろん、この収益は公共事業が彼らの所有する不動産の近くで行なわれると高まる。

プレイヤーは2つの水準の決定を行なう。第1の水準は彼自身の個人的利益に関するものである。第2水準の決定は公益のためになされるものであり、首都改造計画と関わりがある。

TM-90 FT-6 F-586

ゲームは3段階構成になっている。各段階は3巡からなっており、1巡はざっと1年を表わしている。最初の何巡かは単にプレイヤーがゲームの手順をよく理解し精通するために行なわれる。第2段階の数巡はもう少し真剣である。この段階では、各参加者に革新的機運を盛り上げさせるように重大局面がいくつか組み込まれている。ゲーム最終の第3段階では通常、プレイヤーがその計画遂行に成功し満足できるように持続的繁栄が組み込まれている。

メトロポリス・ゲームを行なうための装置には、地図、予算書の様式、時事ニュース、さいころ、点棒、計算機などが他のものといっしょに組み込まれている。プレイは、社会的計画や社会的必要性に関する州、市、地区の記事をのせた時事ニュースを配布することによって始まる。つぎに、首都改造計画に関する重要結論を得るために、公的投票を行なう。時事ニュースの配布や投票がすむと、最近の歳入が計算される。これらは、人口1人あたりの平均収入評価額、税率、税以外の収入、学校経費、および利用可能な自由裁量のきく財源等にもとづいて計算される。税率は政治家が、それぞれ自分の地区について設定する。一人あたりの平均収入評価額と学校経費に対する予算をひき出すための財源額の2つの変数はゲームのオペレータが制御する。

一度歳入が決まると、プレイヤーは自分の決定を行なう。政治家はどの計画に対し予算を使うかを決める。投機筋はどこのどんな種類の土地利用に投資を行なうのか、また政治献金はどのくらいにすべきかを決める。行政官は来たるべき年に備えて首都改造計画を策定する。すべての決定が行なわれると、その結果が計算され、記録され、発表される。その後、それが何巡目であるかによって選挙が行なわれるか、新しい年が始まるかが決まる。

Duke はメトロポリス・ゲームの開発初期の成功をつぎの2つの付随的功績に結びつけた。ひとつの企画は、初期のゲームを電子計算機言語に翻訳することであった。このシミュレーションは非常に多くの関係式を使うがIBM1130 計算機はこれが可能である。これによって、参加者は非常に複雑なゲームでも、より斬新なプレーを行なうことが可能になった。またこうした電算機の導入によって、以前には情況指向的に行なわれていた意志決定がより政策指向的に行なわれるようになった。もう一つのメトロ(METRO)とよばれている企画は、メトロポリス・ゲームを計画策定の道具として拡張しようとするものである。数学モデルによって、現実世界の決定をシミュレートさせるために、現実のデータが使われた。メトロの目的は、シミュレートされた土地利用のパターンと、土地利用計画のパターンを比較することによって開発計画のいくつかの代替案に評価を下すことであった。また、さらに洗練されたゲームが作られている。

最近、メトロの分派には、ロサンジェルスの大気汚染制御研究所(The Air Pollution Control Institute)で開発されたアベックス(APEX)がある。アベックス・ゲームの開発にはミシガン大学のDuke と南カリフォルニア大学のRichard Mc Gintyが協力した。アベックスは地図上のレイアウトの基本としてメトロポリスと同じく、ランシング市(Lansing)を選んでいる。しかし、メトロポリスでは3種類であった役割を、このゲームでは5種類にふやしている。すなわ

TM-90.FT-6.F-587

ち、アベックスには政治家、計画担当官、大気汚染制御担当官、産業資本家、土地開発業者が含まれている。そして約40の数学モデルによって、プレイヤーの意志決定による環境の変遷がシミュレートされる。

シティー・ゲーム (6, 10) シティー1ゲームは都市ゲームのうち、もっとも最近に開発されたものである。この開発は Peter House の指示により1967年に始められたが、初期の開発は合衆国教育局とFord財団の財政援助を受けて、ワシントン大都市研究センター (Washington Center for Metropolitan Studies) が行なった。1968年の11月、Business Weekは、シティー1の開発に10万ドル投入されたと伝えた。

シティー1は初期段階にCLUGを参照している。すなわち、ゲームは土地区画を表わす625の格子板の上で行なわれる。格子板には既開発地と未開発地が含まれているが、既開発地には完全に発達した地区と、いま発達しつつある地区の中心地を1か所ずつ含んでいる。土地区画の所有者は9チームのプレイヤー、政府、外部の利権者に分散している。選挙で選ばれたり、任命されたりして構成されている統治組織は公共的な事柄を処理していくが、チーム・プレイヤーは民間企業の経営に専念する。プレイは順番に行なわれる。

公的行政体は市政を行なうが、市長はチーム・プレイヤーの投票によって選出される。市長は4人の補佐官を各チームから最大1人ずつ選び、それぞれを高速道路、公共事業、学校、区画整理の各部局の長として任命する。各部局ではそれぞれの計画と予算を策定する。つぎに租税の基盤を解析し歳入額を見積り、これと見合うように全体の予算を編成する。

9つのチームは民間企業者として振るまう。彼らの所有している土地は必要な手を加えさえすれば、7種類の利用法が可能である。すなわち、重工業、軽工業、業務用品製造、個人用品製造、業務用サービス業、個人用サービス業、住宅用地としての利用がそれである。市場の状況は買物客をひきつけたり、労働者をひきつけるために、各チームが設定する物価や賃金によって決まる。工場を操業するにはチームは適当な労働力をひきつけなければならないし、消費者は物価と運賃の和が最も安いところを求めていくのである。計算機には、取り引きの証書や財産の状況がすべて記憶されていく。各回の初めに各チームは貸借対照表と収入一覧表の検討を行ない、利用可能な資金は開発に投資し、他のチームとの競争で物価と賃金を決定する。

シティー1は主として教育用に作られた装置である。ゲームはいくつかの大学のカリキュラムの中で講義と一っしょに行なわれている。合衆国都市サービス委員会ではシティー1を都市問題短期コースの基礎に使っている。その他にも計画者、計画機関、開発企業、近隣利益団体等でこのゲームは利用されている。さらには教会会議 (Church Conference) の牧師、ゲッターの居住者もこの利用者の一団である。

シティー2は、House が論文を書いたときにはまだ実際に操作できなかったシティー1の改訂版

TM-90.FT-6.F-588

である。シティ－2ではゲームの環境を拡大してもっと現実的なゲームとなるよう配慮されている。また、都市地域内の転居もここで扱われている。

都市は郊外と産業労働者を求め競争する。また各チームは交通機関を鉄道・バス・自動車の中から選ぶ。

シティ－2は環境を拡大することによってより現実的なゲームとなった。このゲームには社会的、経済的偏見がとりこまれている。レジャー時間は3つの社会階級に分配される。最良の仕事はまずはじめに最も高い教育を受けた人がとり、低所得層のある部分は失業してしまう。もちろん、この結果、経済的抑圧と転出を招く。シティ－2では電子計算機が国家経済の役割を果たす。

都市ゲームの展望

都市ゲームの展望は、ゲームの状況を通じて高められた学習プロセスを利用する教育者や計画者の能力にかかっている。明らかに、学習は教室での勉強の基礎となるものである。同様に明らかであるが、都市の計画、開発の原理を教える際の教材となる、都市ゲームの重点的な応用が教室での勉強の基礎となる。しかし、学習は教室だけに制限されたものではない。ほとんど決まりきったことではあるが、いかなる計画にあっても、最初は計画されているシステムと環境について、より多く学習しようとするところからはじまる。おそらく、都市ゲームの活用がもっとも期待されているのは計画機関である。都市ゲームは、その計画機関において、いつか計画プロセスの欠くことのできない部分になるであろう。都市ゲームをいかに教育と計画の両方に適用していくかについてのより詳細な説明を次に述べる。

教 育 教材としての都市ゲームは基礎的な教育とその後の教育への有益な応用が約束されている。基礎的な教育における都市ゲームは大学のプログラムに欠くことが出来なくなった。その後の教育においても、ゲームは、特別講座のカリキュラムと短期間のセミナーの両方に使うことができる。

大学のプログラム 都市計画の多様性と都市システムの複雑性は、カリキュラムの作成や、講義を困難にする。伝統的なアプローチとして、計画原理を読書や講義を通じて教えることがあげられる。より多くの現実性を産み出すためにプロジェクトとケーススタディがおこなわれてきた。プロジェクトは有益である。なぜなら、学生が計画の実際活動を経験することができるからである。しかしながら、研究は広がりや深さの両面において研究期間のために限定されている。ケーススタディは、短期間でより多くの場合について解析することが出来るが、現実性が低くてもおもしろみがない。ゲームすることによりこれら困難を克服することができる。学習が実際にゲームすることを通じて能率よくなるかどうかは、簡単には答えが出せない。けれども都市ゲームを通してえた経験

TM-90 FT-6 F-589

には心強いものがある。

Edwards と Francis は International Rectifier Corporation のために準備した未刊の提案書でもしるい考えを示している。彼等は都市開発ゲームを用いた学内競技を提案した。これをなぜ学校間の競技に拡張できないのか？ 結局いろいろな意味で、高度な学習をしているほとんどすべての公共団体で、今日おこなわれているスポーツ、ゲームは熟練さと勇敢さをためす古代の競技と何ら変わりはない。これらの競技によって鍛練された肉体は生存の危機に直面したとき非常に役に立った。しかし、今日、技術進歩と都市化によって我々は社会的生存のために苦闘するという新しい時代に入りこんだ。

現在の苦闘を考えてみれば、都市ゲームにおける学校間の競技を組織化するのが適切である。そのようなゲームが、現存するスポーツに取ってかわると思われぬが、少くともゲームは、今日直面している問題により適したように向上していくであろう。

その後の教育 都市ゲームの別の展望は特別講座と、特別セミナーにおける都市ゲームの使用にある。技術革新と多様なアプローチを推進している今日の世界では、現に都市計画と都市評価で仕事をしている多くの専門家が必要となっている。彼等のおこなっている大学課程は、現在計画理論、現代教育、システムアナリシス、コンピュータ科学によって締められている。彼等の多くは計画の一つの機能面に年月を費やして、その分野のエキスパートになった。しかしながら彼等は今日のチーム概念と、幅広い将来の見通しの上に立った多様なアプローチの必要性に欠けている。特別講座と実習プログラムにおいて都市ゲームは、相対的にこの教育のギャップを小さくするやさしい方法である。

Duke は、特別講座やセミナーにおける都市ゲームを使用することの利点を次のように要約した。(3)

1. 典型的な共同体のゲーミング・シミュレーションは市民の共同体からの分離を許している。従って要素をより客観的に見るができるようになった。
2. 技術は、市民を新しい見地から、共同体の問題を考えさせている。
3. ゲームは効果的な学習環境を創造することを可能にする“砕氷船”である。
4. ゲームは、身近な問題に対する新しい認識を許す。
5. 終局的にゲームは、市民の現世界における新鮮な評価を強制する。

計 画 結局、ゲーミング・シミュレーションは、都市計画プロセスの重要な部分になるだろう。完全な域にまで到達するために、都市ゲームは完全なゲーミング・シミュレーションにまで発展するであろう。いろいろな都市システムは監視されている。そこからでてきたデータはシミュレーションに用いられる。都市システムの操作と開発に関して提案された政策変換は、すべてためされる。このことによって計画者と決定者が前もって政策変換に伴う利点と出現状況を知ることが

TM-90 .FT- 6 .F-590

できる。

もちろん、都市システムは複雑であるから、完全なゲーミング・シミュレーションは決してできないであろう。それにもかかわらず、都市システムをシミュレートするために使われるモデルをよりいっそう理解する必要があるというだけのためにも、都市開発を計画する際のゲームの使用は有益なのである。現在、多くの計画組織は、種々の開発計画を評価するためにシミュレーションモデルを使用する。しかしながらこのシミュレーションの将来考えられるはずの多くの利点は失われることがある。そのいろいろな理由が観察されてきた。シミュレーション・プログラムを開発した人々は、自のいろいろな理由が観察されてきた。シミュレーション・プログラムを開発した人々は、自分達の仕事に適切なドキュメンテーションを付けたり、後に残る人達の訓練をしたりすることをしないで他の仕事に移って行ってしまった。又ある場合は、スポンサーが本当にモデルを理解していないし、金の使いすぎで苦悩しており、データ収拾のために余分な資金を出すことをいやがっている。最後に、意志決定者や民衆も、シミュレーションの底に横たわっている原理を理解していないので、彼等は結果を無視し、以前と同様全く主観的な方法で事を進めている。結局は、都市ゲームが都市システムのシミュレーションモデルと同じように、開発・推進・運用という3つの面で有用であることが、いつかはわかるであろう。

開 発 都市システムをシミュレートする第一段階は、必要なモデルの開発である。開発作業において、組み立てようとしているシステムをよく知っている分析者にとって、ゲームは比較的安価で効率的な手段であろう。Meier や Duke は、ゲーミング・シミュレーションの開発段階における教育の利点に注目している連中である。完全なシミュレーションに言及して、彼等は次のように言っている。(7)

「ハイブリッドなゲーミング・シミュレーションがつくられている間中多くの人が独学をするであろう。市の決定におけるシステムのものが、その手法をどうするかということで悩まされて、ゲーミング・シミュレーションの技術的な直観的な質的な、またしばしば高度に政治的な特徴が注目され続けるであろう。この期間ゲームの粗モデルを用いて開発上のほとんどの重要ポイントが究明され意志決定者もその予期しうる結果に親しみをもつようになるであろう。中堅の専門家と新しくスタッフに加わる人々も計画や予算を考慮する思考の感を広げるように訓練されているであろう。完全なハイブリッドというものは、すでに全く良く理解されている道具で構成されており、うまく利用されているようである。費用は妥当であるし、利点をあげるときりがない。」

現在のシミュレーションには、多種のゲームは用いられてないけれどもゲーム・モデルが同時に開発されたならば、そのシミュレーションはどんどん理解され承認されていくことに少しも疑問はない。

推 進 都市計画の多くの面で成長しているコミュニケーションのギャップが計画者と意志決定者の間で観察される。Allan Feldt は政策の定式化における経済モデルの果たす役割を探究す

TM-90 FT-6 F-591

るために、Office of Emergency Planning と The Department of Housing and Urban Development 主催のシンポジウムのために準備した論文に、いかにヒューリスティックゲームがこのギャップを小さくするために用いられているかを分析した。彼は自分のモデルである CLUG と CONSAD Research Corporation によって Pittsburgh Community Renewal Program のために開発されたモデルとの多くの類似点を指摘した。彼は「モデルは多くの点で同一である。そして我々が完全に Pittsburgh モデルの要素とモデルがすべて同一のものになるという可能性に気づいているなら、そうなることは容易であろう。」と主張した。

Pittsburgh モデルに関する決定者の評価が足らなかったで、開発段階におけるむづかしいデータ収拾をはじめたとき、明らかに CLUG を歓迎した。

Feldt の CLUG が偶然 Pittsburgh 大学で採用されるようになったことに注目して、彼は次のように指摘している。

「CLUG は広範囲にわたって使用されてきた。そして、そのモデルと Pittsburgh モデル自体との固有の関係を総合的に知らないいく人かの連中もそれを使ってきた。より複雑化した Pittsburgh モデルを十分に評価しなかった同じ連中のうちのいく人かが、そのゲームを認めたために基本的に同一である考えを伝えるのに、ひねくれたことに2つの方式が生じてしまった。もし2つのモデルがモデル自体のヒューリスティックゲームとしての表現について同時に開発されたなら、Pittsburgh モデルはより大きな財政的、政治的援助を受けただろうといった議論がなされるかも知れない。」

Feldt の注釈によって、ゲームを行うことが開発の仕事と同様に推進の仕事に役立つであろうという説得力のある議論が出された。彼はゲームによるシミュレーションの費用が基礎的なシミュレーションモデル本体の費用の5%以下であろうことを示している。(7)

運 用 都市計画におけるゲームの最も複雑な利用に、オペレーショナルなハイブリッドなゲーミング・シミュレーションがある。Meier と Duke は American Institute of Planners の記事に、この運用の展望を書いた。事実、彼等は次のように主張している。(7)

「ゲーミング・シミュレーションの最も実際的な用法はオペレーショナル・ゲーミングである。これは、実在の市のデータを含んでおり、おぼろげな政策代替案に光明を投ずることができる。いくつかのサブシステムが基礎モデルにうまく付け加えられて、はじめて技術の実行が可能になる。」

「ゲーミング・シミュレーションがこの手順によってバックアップされ、フィードバックが残された可能性をさらにすばらしいものに改善を加えるとき、ハイブリッドなシミュレーションは普通の環境下では、危険性のない聞き慣れない政策をテストするのに使用されるようになる。」

Duke は、同様に Ann Arbor における 1964 年 11 月 9 日の Regional Science Association の会合のための論文に取り組んでいる。その論文にオペレーショナルゲームがどのように使われるであろうかについて次のように書いている。

TM-90 FT-6 F-592

「計画の有効性に関する分野においては、大都市圏計画機関により提案される多くの代替案——土地利用、交通、公共施設に関するもの——と、地方自治体が公的開発制度や未決、既決を問わず、定められた政策決定に基づいて行う典型的な決定手順の結果として生じる現実の都市の成長との間の相対的な適合性について、オペレーショナル・ゲーミングで評価することになる。ずれの大きさと程度は、代替案の選択の指標として、又、選ばれた案に歩調を合わす際、決定を尊重するために変更されねばならない地方自治管理の特定区域の指定に利用することができる。どの代替案がもっとも相対的にみて成功の見込みがあるかどうかをテストするのに加えて、技術が代替案の修正を提案する際、有益な武器となる。」

このことと、前述の注釈から都市計画におけるゲームの展望は、計画プロセスの全域にまで及んだように思える。単純なゲームモデルを使った経験的な作業は、それが十分に実行されようとしてまいと、計画プロセスの一部として有益なものとなる。

要旨と結論

この論文の目的は都市計画、都市設計、都市ゲームに関する比較的新しい概念を読者に伝えることにあった。ゲームの一般的概念やゲームをどのように用いるかということに慣れていない人々に対して、ゲームの歴史、言語、使用の分析がなされた。また、ゲームの原理は「利益」と「限られた情報」の闘争であり、最大利益と最小損失に対する戦略である。ゲームの歴史は数千年昔にさかのぼる。ここ数年、ゲームは戦争の戦略代替案をシミュレートするのに、ほとんど用いられてきた。

しかし、ごく最近ビジネスとか社会的政治的な立場に用いられるようになってきた。小規模なゲームは、まったく特殊な設備を必要としない。しかしながら、コンピュータを利用することによってゲームの応用範囲と現実性は広げられるであろう。そして、ゲームのいくつかの利用方法が提案されてきた。それらの中には教育用のゲーム、問題解決用のゲーム、代替案評価のためのゲーム、理論を発展させるゲーム、将来性ある経営学者を評価するゲーム等がある。

多くの都市ゲームは再吟味されてきた。コーネル土地利用ゲームはAllan Feldtによって開発された。又、メトロポリスはミシガン大学のRichard Meierによって考え出され、ミシガン州立大学のRichard Dukeによって開発された。ミシガン大学のDukeの下で、それは更にメトロポリス・ゲーム、METROの2つの方向に発展させられた。又、APEXなる大気汚染ゲームはミシガン大学のDukeとSouthcalifornia大学のRichard McGintyの共同で開発された。そしてシティーゲームはワシントン大都市研究センターのPeter Houseの指揮下で開発された。これらのゲームは教育の道具に用いられる。開発される地域がゲーム盤に表わされている。各チームからいろいろな政治的、行政的、企業的役割を果たすゲームプレイヤーを出す。ゲームの本質は主な支出と利用できる資金との間のバランスを保持することであり、労働者数と職業の数のバランスを保持

TM-90 FT-6 F-593

することである。もっとも最近のゲームは貸借対照表と収入一覧表を準備したり、土地利用開発の記録をとるためにコンピュータを用いている。

都市ゲームは教育と計画の両方に有用であるように思える。教育における展望としては、大学課程においてゲームを使用するのが、特に良いように思われる。特別講座、セミナー、実習プログラムにゲームを用いることもまたよいように思われる。計画において、都市ゲームは計画プロセスに用いられるモデルの開発、推進、運用に関してかなり価値のある役割を演じることができた。

このような考えと、大学教育やいくつかの計画機関における筆者の経験に基づいて、三つの結論が引出される。まず第一に、教室で学生達を動かし、プロセスをシミュレートし、時間や複雑さを縮小するゲームの能力は少くとも、三つのケースで説明される。ゲームは都市計画の社会的、政治的、行政的局面に関連のある大学院レベルのカリキュラムに集約される。特別講座で、ゲーミング・シミュレーションを使用すると、新しく開発した道具や技術の応用において経験豊富な行政官を必要とするだろう。教育のギャップを埋めるこの比較的楽な方法が推奨されるはずである。第二に、都市計画機関において、ゲームは多くの目的にかなうだろう。内面的には、ゲームは機関内の知識を向上するのに用いられるだろう。機関内の古いメンバーは特別講座と同様にゲームの新しい原理とその実用面を紹介されるであろう。又、新しいメンバーは開発されつつあるか又は、すでに開発された大規模シミュレーションの使用方法について教えこまれるであろう。大規模なシミュレーターにかなりの時間と努力を投じるのに先立って、小規模なゲームモデルを開発することができるであろう。このことによって、分析者は取り扱っているプロセスとシステムのダイナミクスに全く精通するようになる。開発の間、ゲームモデルは推進の道具として役立つであろう。大規模シミュレーションに使われている原理を実証するためにゲームモデルを使用することは、財政的にも公共的にも支援を受けるのに役立つであろう。開発を続けると、ゲームは戦略代替案を評価するのに用いる大規模ゲーミング・シミュレーションに結局は集約されるようになるだろう。

結局、計画者と民衆の関連性についてゲームを応用することがもっとも興味をひくであろう。多分、ゲームは提案された改良案に対する様々な意見の相違をうまく調和させている社会政策上のプロセスをなめらかにすることができよう。ゲーミング・シミュレーションの教育的かつ明けっぴろげな性質のために計画者と民衆の間を直接結ぶチャンネルが作られるであろう。行政上の計画者は、モデルを用いることにより計画原理を論証したり、合理的かつ一貫性ある決定であることを説明したり、又、いろいろな目標の間の調和を図ることができるようになる。民衆にとっては、計画の初期の段階で意見を述べる機会が与えられる。ゲームは計画の公共性と目標を伝えるであろう。ゲームを通じていわゆるつかみにくい、社会的、政治的要素は経済用語に変換されるだろう。又、意見、利害の不一致がはっきりするだろう。反対側の意見をなだめるための非常に金のかかる譲歩案の必要性というものは、計画準備に先立って評価することができる。同様に、容認できないプロジェクト

TM-90 FT-6 F-594

は、その建設よりも先にわかるであろう。もしも、サンフランシスコ計画のプロセスにゲームが使われていたなら、おそらく Embarcadero Freeway の問題は避けられただろう。

最後に、筆者は都市ゲームが完全に技術化されたプロジェクトを国民が容認しないことに不満をいっている連中にとって、役に立つ道具であることを主張する。次に述べる二つの仕事をなしとげることが、不当な民衆の拒絶を減らし、技術設計に対する考え方を改めさせることができるかもしれない。

その二つの仕事の最初の方は、技術者と計画者が益々都市化され複雑化してきた社会において、変わりつつあるニーズに対する理解を改めることであり、第二の仕事は、技術判断の底に流れている原理や問題に対する民衆の理解を増すことである。どちらの場合にも、都市ゲームはこの学習プロセスをはかどらせることは確かである。

参考文献

1. Audlinger G. R., "Looking Around—What Can Business Games Do?" *Harvard Business Review*, Vol. 36, №4, Jul.—Aug., 1958, pp. 147—160.
2. "Computer Game Trains Pollution Officials," *Environmental Science and Technology*, Vol. 5, №3, Mar., 1971, pp. 202—203.
3. Duke, Richard D., *Gaming—Simulation in Urban Research*, Michigan State University, East Lansing, Michigan, June, 1964.
4. Feldt, Allan G., "Operational Gaming Planning Education," *Journal of the American Institute of Planners*, Vol. 32, №1, Jan., 1966, pp. 17—23.
5. Guetzkow, Harold, ed., *Simulation in Social Science: Readings*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1962, pp. 224—225.
6. House, Peter, and Patterson, Philip D., Jr., "An Environmental Gaming—Simulation Laboratory" *Journal of the American Institute of Planners*, Vol. 35, №6, Nov., 1969, pp. 383—389.
7. Meier, Richard L., and Duke, Richard D., "Gaming—Simulation for Urban Planning" *Journal of the American Institute of Planners*, Vol. 32, №1, Jan, 1966, pp. 3—17.
8. Mood, A. M., and Specht, R. D., "Gaming as a Technique of Analysis," *Research Memorandum № P-579*, The Rand Corporation, Santa Monica, Calif., October, 1954.
9. Thomas, Clayton J., and Deemer, Walter L., Jr., "The Role of Operational Gaming in Operations Research," *Operations Research*, Vol. 5, №1, Feb., 1957, pp. 1—27.
10. "Urban Planners Play a Game Called City 1" *Business Week*, Nov. 16, 1968, pp. 66—70.

TM-90 FT-6 F-595

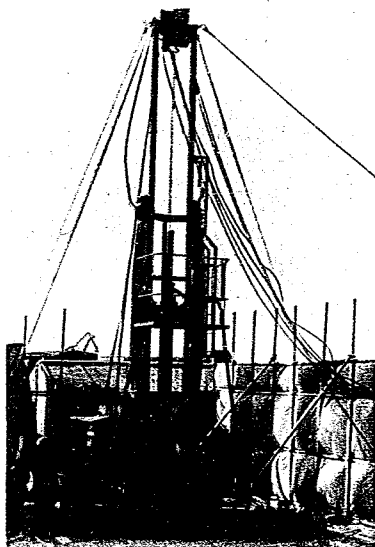
土木研究所資料
第884号

ロータリーオイルサンプラー
によるサンプリングとその実績

昭和49年 2月

建設省土木研究所

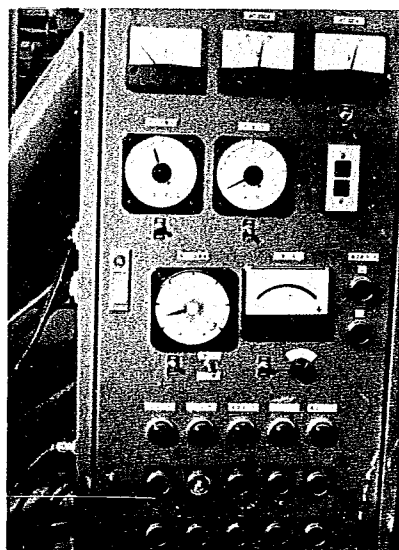
TM-90 .FT- 7 .F-596



ロータリーフォイルサンプラー全体



掘進状況



計器盤



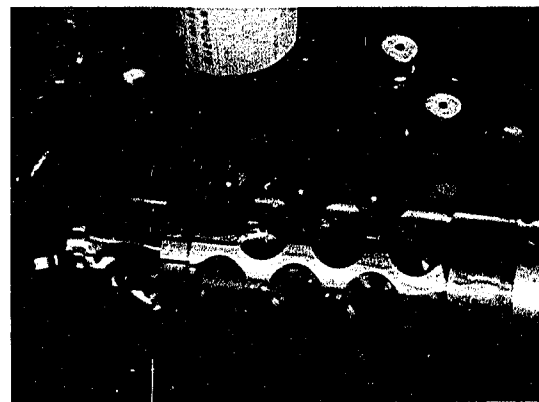
ビット

TM-90.FT- 7.F-597

IM-90-FI-7-F-598



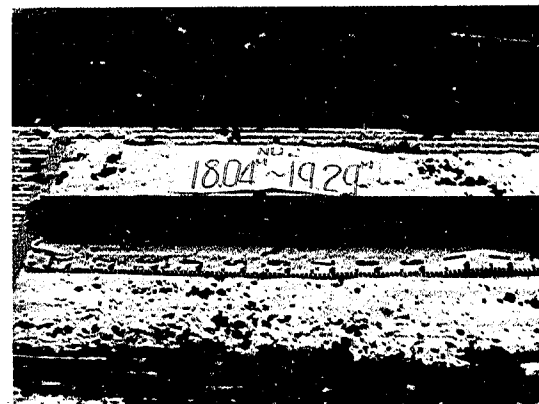
カッティングエッジ (採取された試料が見える)



フィルターテープの取付け状況



サンプラーチューブに納められた試料



採取された試料