

京都大学工学部 正員 春名 攻  
京都大学大学院 学生員 ○ 山本 幸司

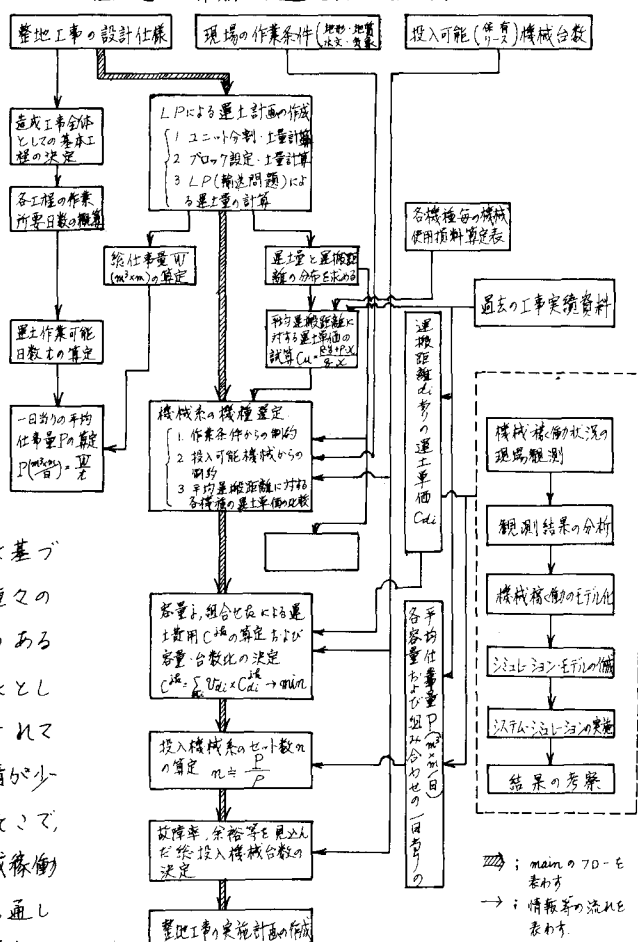
はじめに 本研究は近年著しく機械化施工の発展した宅地造成工事（特に整地工事）において、運土機械系の合理的な選定法とその管理運営方法の確立をめざしシステム・シミュレーションを試みたものである。この場合、機械系選定の問題を他と切り離して独立に考えるのではなく、あくまでも施工計画という大きな流れの一部としてとらえていこうとするものである。

機械系選定のプロセス 機械系選定のプロセスをフロー図で示したのが図-1である。ここでは整地工事の設計仕様、現場作業条件、および投入可能機械台数を変更不可能な与件と考えた。フローの中に示したPによる選定計画に關する

の中に示したLPによる選土計画に関してしては各方面で研究が進められ、我々も前年度にその一端を報告した<sup>1)</sup>。機械化施工の目的としては、工期の短縮、工費の低減、施工の質的向上、施工規模の拡大等が考えられるが、その中でも最も重要なものは工費の低減であろう。したがって、選定する機械系も可能な限り経済的なものであることが基本的な条件となる。そして一般に選定の問題は 経済的な機種種の選定と合理的な機械系（容量・台数の組合せ）の選定という2段階に分けて考えられている。これらに関して、過去の工事経験や実績データも参考にしたり、いくつかの側面からの解析に基づいて行なわれているが、施工条件が異なる種々の整地工事に対しては十分に *flexibility* のあるものとは言いがたい。また、ここで研究対象としたモータスクレーパのように、我国へ導入されてから日の浅い大型機械については、工事実績が少ないことに起因して情報不足の感がある。そこで、これらの問題点を補うべく、選土作業の機械稼働を1つのシステムと考え、シミュレーションを通してシステムの分析するとともに、機械系選定と管理運営方法に対する計画・管理情報を作成して

## システム・シミュレーションの概要

図-1 機械系選定のプロセス



今回は、主要機械としてモータスクレーパ（以下MS）、補助機械としてプッシュドーザ（以下PD）という機械系を研究対象とした。このような運土機械系の稼働状況はサイクリックな待ち行列タイプのシステムとして把握しよう。したがってその解析方法としては、数学モデルによる方法（待ち行列理論）も考えられるが、ここでは前述したようにモンテカルロ・シミュレーションを用いた。さて、現場観測結果に基づいて作成したモデルをもとにシミュレーションモデルのフローチャートを表わしたのが図-2である。これを、待ち行列系システムのシミュレーションに適したGPSSによってプログラム化するとともに、施工条件を以下の3つのタイプに分類し、それぞれを操作変数としてシミュレーションをシステムティックに実施していくことにした。

- ① 作業条件（土質条件、切土区域・走行路・撒土区域の幅・長さ・勾配、天候 etc）
- ② 運土機械系の機種・容量・台数の組合せ（MSとPDに対して）
- ③ 作業管理方式（作業方式指定なし、作業方式指定（X点方式<sup>2)</sup>、直越禁止方式<sup>3)</sup>、併用方式<sup>4)</sup>）

### シミュレーションの結果と考察

1つの整地工事現場を対象として現在約50000のシミュレーションを行なった。その結果、機械系の選定・管理方法に対する情報として以下のことが得られた。

- ① 作業方式としてX点方式を指定する場合が最も経済的であり、以下順に、併用方式、作業方式指定なし、直越禁止方式となる。
- ② 1つの運土作業に対して、経済的に最適な主要機械と補助機械の台数比率が存在する。
- ③ 主要機械の台数を多くすると、作業所要時間は短縮するが、1台当りの作業時間の短縮率は徐々に低下していく。（現実には、あまり台数を多くすると輻輳が問題となる。）
- ④ 施工能力比（ $= \frac{\text{MSの時間当り運土量}}{\text{PDの時間当りプッシュ回数}} = \frac{\text{m}^3/\text{台時}}{\text{回/台時}}$ ）で主要機械と補助機械の施工能力比を表わすと、同一台数比率のもとでは作業方式を変更してもほぼ一定の値を示す。
- ⑤ 主要機械の平均積込作業待ち行列長と作業所要費用の関係を表わしたところ、組合せ内容にかかわらず、最小費用に対応する待ち行列長はある一定の値を示す。

### 今後の課題

今後の課題としては、作業条件の異なる種々の現場に対する解析を進め、現場条件（特に運搬距離および土質）と稼働特性との関係をより具体的に求めることを考えている。また、MSとPDという組合せだけでなく、他の運土機械系に対してもシステム・シミュレーションを進めていくことが、機械系選定法や管理運営方法を確立していく上で必要であると考えている。

なお、シミュレーションのプログラムおよび結果は講演時にスライドを用いて説明する。

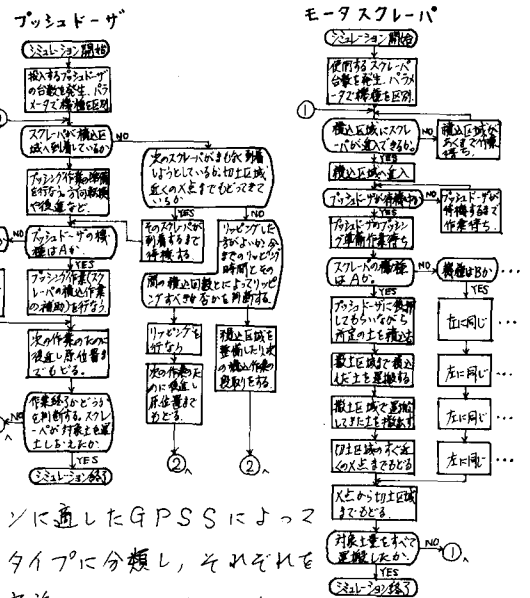


図-2 シミュレーションモデルのフローチャート

1) 吉川、春名、笹嶋、山本：造成工事計画システムに関する一考察，昭和46年度土木学会関西支部年次学術講演概要

2) モータスクレーパが切土区域付近のX点まで移動したとき、プッシュドーザを積込作業の準備態勢に入らせ、モータスクレーパの作業待ち時間を減らす方式

3) 安全確保等のため、走行路でのモータスクレーパの直越を禁止する方式

4) 2)のX点方式と3)の直越禁止方式を併用する方式