

京師大學部
正員
吉川和成
春名攻司
山本華

2. シミュレーションモデルの作成

掘土機械系の稼働状況を表わす以下のようなものである。

まず、スクレーパ(客)が切土区域に到着しそこでプッシュドーザ(窓口)からプッシング作業(サービス)を受ける。サービスを受けた後は窓口を離れ、運搬→撒上→帰路という作業サイクルを繰り返し再び切土区域へもどる。プッシュドーザが他の作業に従事中であればそこで待ち行列をつくる。このように機械系の稼働はサイクルワークを待ち行列として把握することが可能であるが、解析にあたっては数学モデルにすぎずモンテカルロ法によるシミュレーションの方法を用いた。さる、現場観測結果に基づいて作成されたモデルをもとにシミュレーションシステムのためのフローを表わすと図-1となる。作業条件や作業方式を変更してシミュレーションを実施するためには、それに相当する部分のフローを付加・修正すればよい。また、シミュレーションプログラムの作成にあたってはこのような待ち行列タイプのシステムシミュレーションに適していると考えられるGPSSを用いた。実際のシミュレーションにおけるインプットデータおよびアウトプットデータを示すと表-1のようである。

3. シミュレーションの実施 機械稼働のシミュレーションを分析していくためには、施工条件の異なる様々な場合についてシミュレーションを行なう必要がある。本研究ではシミュレーションにおける操作変数として、施工条件を次のように3つのタイプに分類した。

①作業条件(土質条件、切土区域、走行路、敷土区域の幅長さ、勾配、天候etc)

②選上機械系の機種・大きさ・組み合わせ(スクレーパーとプッシュドーザの大きさ・組み合わせの台数)

③作業方式（特別な作業方式を指定する場合と指定しない場合）

これらのうち③に關し又は二つの特別な作業方式を考えた。一つは安全確保のために走行路での追越しを禁止する方式(追越禁止方式)である。他の一つはスクレーパの作業待ち時間を少なくするため、スクレーパが切上区域近くの特定の地点(X点)まで近づくとプッシュドーザの動きをスクレーパの動きに従わせる方式(X点方式)

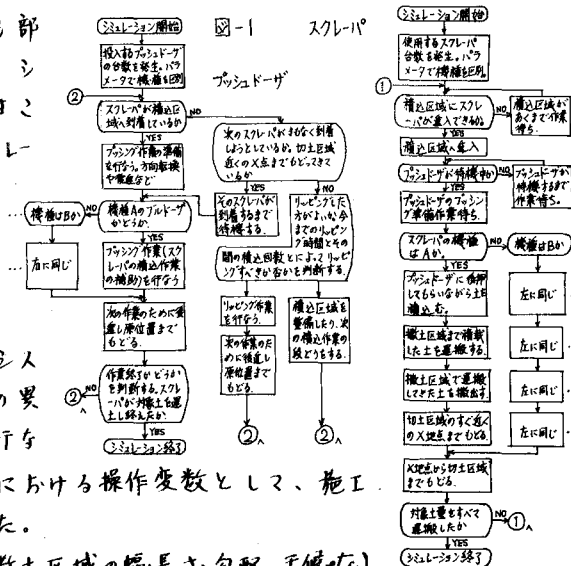


表-1 インプットおよびアウトプット

インプットデータ

スレーブ	プロシードーザ
① 搬出作業時間	⑥ 搬込準備作業時間
② 積込時間	⑦ リンバ作業時間
③ 搬上時間	⑧ 整地作業時間
④ 空車走行時間	⑨ 復旧時間
⑤ 1回当りの積上量	⑩ プロシド作業時間

アウトプットデータ

- ① スレーブの作業区域への搬入待ち } に関する
- ② 切上作業後の搬上待ち } 各種の積量
- ③ プロシドへの作業待ち }
- ④ 所要作業時間

である。本研究では①に関しては運搬距離の系統的な変更を考え、②に関してはスクレーパとプッシュドーザの組み合わせ台数を、③に関しては作業方式の指定なし、X点方式、および追越禁止方式ならびにこれら両者の併用方式の4つも考えた。シミュレーション実施における各条件の組み合わせを表わしたものが表-2である。ちなみに、1台作業方式と組み合わせ台数が工事実績値(所要作業時間、所要工事費用など)におよぼす影響を調べ、さらに作業条件が両者におよぼす影響についても解析を進めることにした。

4. シミュレーション結果およびその考察 プッシュドーザが3台の場合の結果をまとめると表-3のようになった。この表より以下のことが結論的に求められる。

- ① 各作業方式のうちX点方式が最も合目的であり、以下、併用方式、作業方式の指定なし、追越禁止方式の順となる。
- ② プッシュドーザの台数を一定とし、スクレーパの台数を増加していくと、ある台数までは所要時間、所要費用ともに減少するが、それを越えると所要時間はさらに短縮するものの所要費用は逆に増加する。この点は必ずしも一般的に考えられているプッシュドーザ1台に対しスクレーパ3台という組み合わせとはなっていない。この関係を図-2に示す。
- ③ 施工能力比 = $\frac{\text{時間当り土量}}{\text{時間当りリッピン回数}} = \frac{\text{m}^3/\text{台時}}{\text{回/台時}}$ でスクレーパとプッシュドーザの能力比を表わすと、運搬距離、作業方式を変更しても同一組み合わせ台数のもとでは一定の値を示す。
- ④ 併用方式も含めX点方式をとるとスクレーパの平均待ち時間を大幅に減少させることができる。しかしこの傾向はある程度の組み合わせ台数の増加に対してまでである。
- ⑤ 組み合わせ台数をパラメータとしてスクレーパの平均積込待ち行列長と所要費用との関係を求めることができる。これより費用最小となる組み合わせの台数では平均積込待ち行列長が0.4~0.8台を示している。なおプッシュドーザが2台の場合も含めさらに詳しい結果は紙面の都合上講演時に示す。

5. 今後の方針 本研究では一つの土工事を対象としシミュレーションによる解析を行なった。したがって、ここでは作業条件のいくつかを条件としたが、今後は作業条件が異なる種々の現場に対しても一般的に適用できるように土工解析方法を確立していく必要がある。そのためには、現場観測を回数多く行なうとともに順次モデルを修正していくことが必要であろう。

表-2 シミュレーション実施ケース

作業方式	運搬距離				X点方式
	A	B	C	D	
3台 X点方式	○	○	○	○	○
3台	○	○	○	○	○
3台	○	○	○	○	○

注) 運搬距離の変更はCの基礎時間を基準とし、Aは100秒、Bは50秒短縮したものであり、Dは50秒延長したものである。

作業方式	2				3			
	4	6	8	10	4	6	8	10
作業方式なし	○	○	○	○	○	○	○	○
X点方式	○	○	○	○	○	○	○	○
追越禁止方式	○	○	○	○	○	○	○	○
併用方式	○	○	○	○	○	○	○	○

表-3 シミュレーション結果

作業方式	所要作業時間(時)	所要工事費用(万円)	スクレーパの平均待ち時間(秒)	プッシュドーザの平均待ち時間(秒)	施工能力比
3台 X点方式	8.22	58.2	20.6	—	18.0
3台 X点方式	7.98	56.5	3.3	98.1	17.8
3台 追越禁止方式	8.32	58.9	22.3	—	18.0
3台 併用方式	8.17	57.8	3.9	107.4	18.0
3台 X点方式	5.49	50.9	27.9	—	12.1
3台 X点方式	5.32	50.3	6.5	87.8	12.1
3台 追越禁止方式	5.78	53.6	35.7	—	12.0
3台 併用方式	5.52	51.2	13.1	70.3	12.1
4台 X点方式	4.27	48.6	34.0	—	9.0
4台 X点方式	4.10	46.7	14.4	50.2	8.8
4台 追越禁止方式	4.40	50.1	40.9	—	9.0
4台 併用方式	4.23	48.1	18.3	52.3	9.0
5台 X点方式	3.46	46.6	41.3	—	7.1
5台 X点方式	3.30	44.5	23.9	34.3	7.2
5台 追越禁止方式	3.53	47.6	47.9	—	7.2
5台 併用方式	3.43	46.2	26.7	32.9	7.2
6台 X点方式	2.92	46.9	64.5	—	6.0
6台 X点方式	2.82	44.2	38.4	23.4	6.0
6台 追越禁止方式	3.05	47.8	60.5	—	6.0
6台 併用方式	2.94	46.1	40.2	27.0	6.0
7台 X点方式	2.68	47.7	82.9	—	5.1
7台 X点方式	2.61	46.4	75.7	11.3	5.1
7台 追越禁止方式	2.74	48.7	72.2	—	5.1
7台 併用方式	2.65	47.1	63.2	23.5	5.1

① 片側日積土量は5000m³に、土台の6である。

図-2 費用と時間の関係

