

VI-9

土工計画・管理のための土工機械稼働記録の
採取と処理(2)フジタ工業(株) 正員 太田 宏通
建設省 正員 見波 潔

1. はじめに

筆者らは、終始一貫した考えに基づいた土工計画・管理システムにおいて、土工機械の稼働記録を有効に利用することを模索しており、前報⁽¹⁾では、土工計画・管理システムの全体像を明らかにし、稼働記録データの採取とその処理の概要について報告したが、本稿はデータ処理に際して、この様な離散的な記録方式の特性及びその補正処理についての検討と、ダンプ・トラックから得られた稼働記録の分析結果について、その一部を報告するものである。

2. 離散的記録特性とその補正処理

本稼働記録装置による記録方式は、ある動作の継続時間を記録するのに、その生起の有無を0.5秒間隔でセンサしたものを記録間隔毎に集積して記録する機構になっているため、図1の様に動作の生起タイミングと記録(書込)タイミングによっては、真の継続時間をより過大な値として記録するいわば離散的記録特性を有する。従って何らかの方法により真の値を求める必要があるが、記録値との間に記録情報のみには、確定的な関係が存在しないので、記録値からは真の値の候補値とその確率という形の確率的推定によることになる。また本研究においては、ある動作の個々の値より、むしろ分布の様相を知ることが重要であり、よって記録値から得られた分布から真の分布を推定することを目的として上記の記録特性を補正する処理を検討した。式(1)はある一個の真の動作継続時間が記録される候補値とその確率の定式化である。それを積重ねることにより分布に拡張したのが式(2)である。ここで、与えられた課題は、記録値として得られた $Po(t)$ から $P(t)$ を解くことであるが、 $Po(t)$ は記録間隔毎にしか得られないので、 $P(t)$ をそれより細かい時間間隔で得ることは変数の数と式の数から代数的に不可能である。そこで式(2)に、 $Po(t)$ はその記録間隔を通じて一様であるという仮定を導入して解き、記録間隔を階級幅とする度数分布を得ることとした。

▼ センサ・タイミング

■ 記録タイミング 記録間隔 3 秒

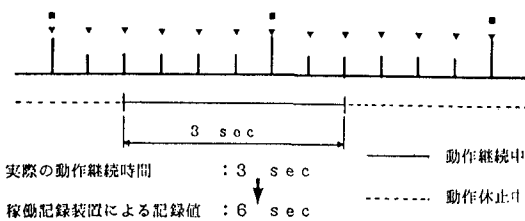


図-1 記録特性模式図

$$(1) \begin{cases} Q_{tr}(dt \cdot i) = \frac{2 \cdot dt - 2 \cdot j + 1}{2 \cdot dt} \\ Q_{tr}(dt \cdot (i+1)) = \frac{2 \cdot j - 1}{2 \cdot dt} \end{cases}$$

但し、 $Q_{tr}(t)$: 真の動作継続時間 t が t と記録される確率 dt : 記録間隔 i : $dt \cdot (i-1) + 1 \leq t \leq dt \cdot i$
なる自然数 j : $t - dt \cdot (i+1)$

$$(2) \begin{cases} Po(dt \cdot i) = \sum_{t=Tmin}^{dt \cdot i} Q_{tr}(dt \cdot i) \cdot P(t) \\ Po(dt \cdot (i+1)) = \sum_{t=Tmin}^{dt \cdot (i+1)} Q_{tr}(dt \cdot (i+1)) \cdot P(t) \\ Po(dt \cdot j) = \sum_{t=dt \cdot (j-2)}^{dt \cdot j} Q_{tr}(dt \cdot j) \cdot P(t) \\ Po(dt \cdot (k+2)) = \sum_{t=dt \cdot k+1}^{Tmax} Q_{tr}(dt \cdot (k+2)) \cdot P(t) \end{cases}$$

 $Tmin$: 真の動作継続時間分布の最小値 $Tmax$: 真の動作継続時間分布の最大値 dt : 記録間隔 i : $Tmin \leq dt \cdot i$ なる最小の自然数 k : $dt \cdot k \leq Tmax$ なる最大の自然数 $P(t)$: 真の動作継続時間の確率関数 $Po(dt \cdot j)$: 記録値の確率関数但し j は、 $i \leq j \leq k+2$ なる自然数 $Qm(n)$: 真の動作継続時間 m が n と記録される確率

3. ダンプ・トラック稼働記録データの分析

サイクルタイム推定精度の向上は、土工計画立案時の作業能力算定に直接大きく貢献する要素であるが、サイクルタイムは多くの要因の複雑な影響を受けて変動しており、この様相を明らかにするためには、要因毎に因果関係を研究する必要がある。そもそも、サイクルタイムの構成要素は、走行と待ちの状態に大別することができ、先ずそれぞれ個別の分析が必要と考えられるが、本稿ではその前者についての分析結果を報告する。走行状態の所要時間に最も大きく影響を及ぼすのは、その走行距離と考えられるので、その関係を走行距離（以下 L ）と平均走行速度（以下 $\bar{V}$ ）との関係によって間接的に分析した。尚、分析に供した稼働記録データは同一現場の連続した15日間に採取したものでその間に走行状態に影響を与える作業条件に殆ど変化が認められなかったため、これらを空走、搬走に区分してそれぞれ一括して分析した。先ず、 V と L を両対数上に回帰直線と共に示したのが図2である。 $\bar{V}$ が L の増加につれて増加する傾向にあることが認められるが、これは $\bar{V}$ を低下させる発進、停止の部分の比重が L の増加に伴って減少することによるためであると考えられる。また、殆どの点が $\bar{V}$ の95%信頼範囲内に存在することから、良好な回帰であると判断できよう。回帰式は式（3）である。次いで $\bar{V}$ のバラツキであるが、その様相はやはり L に影響を受けると推測して、得られたデータを L によってクラス分けし個々のクラスに L の代表値を設定し、クラス内の $\bar{V}$ をその L の代表値の水準に補正処理することとした。その度数分布図の一部を図3に示す。これらに対して正規分布曲線によるあてはめを行ったが、最初の区間（ $0 < L < 200m$ ）を除くとその適合が良好であることが χ^2 検定の結果確認できた。また空走の $\bar{V}$ が搬走のそれに比して、大きいことが有意に認められるか否かを、有意水準5%の仮説検定によって検討したところ、表1に示したように、一般（「道路土工—施工指針」等）に知られている事実を実証する結果となった。

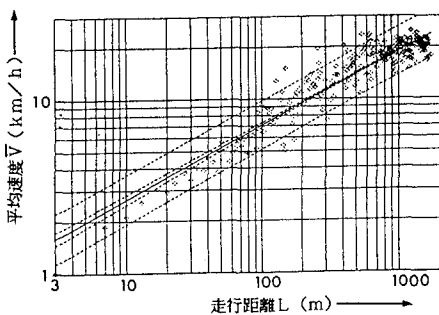


図-2 空走時の L と V の関係

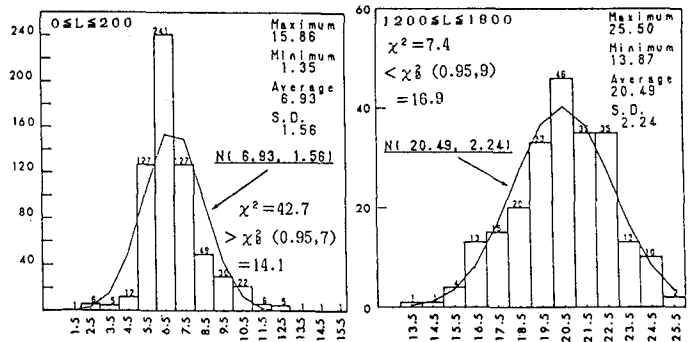


図-3 クラス毎の V の度数分布図（空走時）

$$(3) \quad \bar{V} = 10^{(A + \log L + B)}$$

但し、 $\bar{V}$ ：平均走行速度（km/h）

L ：走行距離（m）

	A	B
空 走	0.423	-5.32×10^{-3}
搬 走	0.429	-0.07

表-1 帰無仮説 $H_0: \bar{X}_1 = \bar{X}_2$ の検定結果

No	区 間	搬 走			空 走			$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	$1.96 \sigma_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}$	H ₀
		n_1	$\bar{X}_1$	S_1	n_2	$\bar{X}_2$	S_2			
1	0 - 200	154	4.029	1.523	634	6.928	1.561	2.899	0.269	棄却
2	200 - 600	85	13.313	2.071	115	14.129	2.767	0.816	0.671	棄却
3	600 - 1200	311	16.857	1.806	324	18.745	2.417	1.888	0.331	棄却
4	1200 - 1800	263	18.633	1.745	228	20.490	2.238	1.857	0.359	棄却

4. おわりに

以上の分析により、この現場の作業条件に限れば、概略のサイクルタイム算定には空走、搬走別にこの回帰式を用いれば、走行状態の所要時間分布における平均的な推定が可能であり、一方シミュレーションへの利用等の為にその分布形状まで必要となる場合には $L > 200m$ であれば一応正規分布の適用が可能であるとの知見が得られた。また今後、作業条件を詳細に設定し同時に記録を採取することにより、所要時間変動の様相を更に解明するうえで、この様な装置は省力的、正確さ等の点で有用であると考えている。尚紙面の都合上、分布図等の図表は講演当日に示すものとする。【参考文献】(1)太田、見波：土工計画・管理のための機械稼働記録の採取とデータ処理 土木学会第42回大会年次学術講演会、1987