

デジタルタコグラフを利用した省燃費運転教育効果の検証

業界初 デジタルタコグラフを重ダンプに適用し、燃費を 20%向上

山本 達生・武部 篤治・遠藤 正史*1・伊藤 雅一*2・舟橋 政司

Verification of Educational Effect for Improving Gas Mileage in Driving using Digital Tachograph Improvement of Gas Mileage by 20 Percent with Applying Digital Tachograph to ART.DUMP TRUCK

Tatsuo YAMAMOTO, Atsuji TAKEBE, Masashi ENDO, Masakazu ITOU, Masashi FUNAHASHI

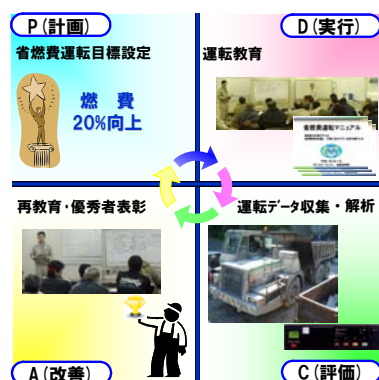


図-1 開発技術のイメージ



図-2 アーキティキュレートダンプ

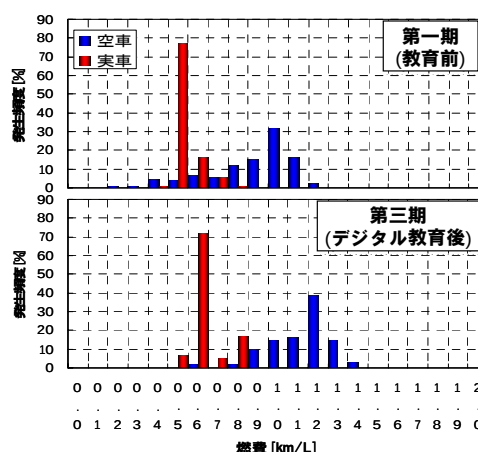


図-3 教育前後の燃費

研究の目的

地球温暖化の原因の一つとされる二酸化炭素(CO₂)の削減は、建設業においても重要な環境対策として位置づけられる。(社)日本建設業団体連合では、施工段階で排出されるCO₂について、2012年までに1990年度比で13%を削減する数値目標を掲げるとともに、建設重機の省燃費運転教育に力を入れているが、教育効果を定量的に把握できないことや、教育効果が長期間持続しにくいといった問題がある。

このため、NATMトンネル施工現場にて、デジタルタコグラフ(以下、デジタコと称す)を用いて建設重機の運転状況をモニタリングし、データに基づく省燃費運転指導を実施した。本報告は、デジタコによる運転状況モニタリングの有効性と、データに基づく省燃費運転指導の効果について報告するものである。

技術の説明

図-1に示すようなPDCAのサイクルを回しながら教育を継続するには、運転状況のモニタリングが必要不可欠となる。このため、図-2に示すトンネル掘削土を搬出するために使用するアーキティキュレートダンプにデジタコおよび燃料消費計を搭載し、運転状況をモニタリングした。この結果から、省燃費運転指導項目を特定し、データに基づく省燃費運転指導を実施し、省燃費運転教育におけるPDCAのサイクルを回した。

主な結論

教育前の運転データから、以下に示す項目を省燃費運転教育のポイントとして特定した。

- ①アイドリングストップの励行
- ②停止と走行を繰り返さず、なるべく一度に長い距離を走行する
- ③特に空車時には、4速ギアをなるべく多く使用して走行するように心がける

上記省燃費運転のポイントを運転状況モニタリング結果と共にオペレータに教育したところ、図-3に示すよう燃費が向上し、アイドリングストップの効果と合わせて約20%の燃料消費量削減が図れた。

*1 関東支店 JR 豊野作業所 *2 東京支店 城山八王子作業所

デジタルタコグラフを利用した省燃費運転教育効果の検証

山 本 達 生 武 部 篤 治
 遠 藤 正 史^{*1} 伊 藤 雅 一^{*2}
 舟 橋 政 司

要 旨

地球温暖化の原因の一つとされる二酸化炭素(CO₂)の削減は、建設業界においても重要な環境対策として位置づけられる。(社)日本建設業団体連合では、施工段階で排出されるCO₂について、2012年までに1990年度比で13%を削減する数値目標を掲げるとともに、建設重機の省燃費運転教育に力を入れているが、教育効果を定量的に把握できないことや、教育効果が長期間持続しにくいといった問題がある。

そこで、デジタルタコグラフを用いて建設重機の運転状況をモニタリングし、データに基づく省燃費運転指導を実施することで教育効果の見える化を試みた。本報告は、デジタコによる運転状況モニタリングの有効性と、データに基づく省燃費運転指導の効果について報告するものである。

キーワード 重ダンプ／省燃費運転／CO₂排出量削減／デジタルタコグラフ

目 次

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1. はじめに | 4. 省燃費運転教育効果の検証 |
| 2. 省燃費運転支援ツールの概要 | 5. おわりに |
| 3. 教育前運行データの収集・分析 | |

VERIFICATION OF EDUCATIONAL EFFECT FOR IMPROVING GAS MILEAGE IN DRIVING USING DIGITAL TACHOGRAPH

Tatsuo YAMAMOTO Atsuji TAKEBE
 Masashi ENDO Masakazu ITOU
 Masashi FUNAHASHI

Synopsis:

The reduction of carbon dioxide (CO₂) assumed to be one of the causes of global warming is located in the construction industry as important environmental measures. Japan Federation Construction Contractors hangs the numerical target that will reduce 13% compared with fiscal year 1990 by 2012 about CO₂ exhausted at the construction stage. Moreover, they make efforts to educate for improving gas mileage in driving of the construction heavy equipment. However, there is a problem that the educative effect could not be quantitatively understood and the educative effect is difficult to be continued for a long term.

The visible method of the educative effect was devised by monitoring the operating condition of construction heavy equipment with a digital tachograph and educating drivers based on data. This paper reports that the operating condition monitoring by digital tachograph is effective and the effect of guidance based on data for improving gas mileage in driving.

1. はじめに

2008 年度に当社では、施工活動に伴い 80 千 t-CO₂ の CO₂ を排出しており、20,991kL もの軽油を施工で使用している¹⁾。

現在、地球温暖化による気候変動により、自然災害の発生リスクの増大、生物多様性への深刻な悪影響など、人為活動に起源を持つ様々な悪影響が懸念されているが、現在行われている対策では不十分であり、一層の対策強化が必要であるとの警鐘が發せられている²⁾。

建設業・製造業を含む産業分野においては、国内 CO₂ 排出量の約 40%を排出しており、CO₂ 排出量削減になお一層の努力が求められる。

(社)日本建設業団体連合では、施工段階で排出される CO₂ について、2012 年までに 1990 年度比で 13%を削減する目標を掲げ、業界全体で地球温暖化対策に力を入れている。また、その目標達成のために、施工段階の CO₂ 排出量削減対策の一つに建設重機の省燃費教育を提唱しているが、教育の効果を定量的に把握できないため、効果が長期間継続しにくいといった問題がある。

そこで、著者らはデジタルタコグラフ(以下、デジタコと称す)を用いて NATM トンネル施工現場において、建設重機の運転状況をモニタリングし、データに基づく省燃費運転指導を実施することで、教育効果の見える化を試みた。

本報告は、デジタコによる運転状況モニタリングの有効性と、データに基づく省燃費運転指導の効果について検討した結果を報告するものである。

2. デジタコによる省燃費運転指導について

2.1 建設重機の省燃費運転指導内容

(社)日本建設業団体連合が発行している省燃費運転の教育用リーフレットに示されている重ダンプの省燃費運転のポイントを以下に示す³⁾。

①走行時

- ・波状運転の防止・定速運転の励行
- ・エンジンプレーキによる減速



②作業時

- ・ダンプアップ時のアクセル調整
- ・アイドリングストップ
- ・積み込み機による重ダンプへの積み込み方法



以上より、重ダンプにおける省燃費運転のポイントには、重ダンプの走行速度およびエンジン回転数に着目した教育ポイントが多く含まれており、これらのデータをモニタリングすることで、データに基づく省燃費運転指導が行えると考えた。

2.2 デジタルタコグラフの概要

高速道路網が未整備の状況にあった昭和 30 年代にモータリゼーション時代を迎え、トラックのスピードの出しすぎによる死亡事故が急増したことを受け、昭和 37 年 10 月にタコグラフの装着義務対象車(路線トラック、貸し切りバス等)がはじめて指定された。タコグラフとは、自動車の運行状況(時間・距離・走行速度の法定 3 要素)を連続的に記録する装置である。その後、8ton 以上のトラック(S42 年 5 月)、ハイヤー・タクシー(S42 年 10 月)など装着義務対象車の種類が増え、現在は装着義務の無い商用車や小型車両でも、安全運転・経済走行運行記録を目的として使用されるようになっている計装機器である。

タコグラフが国内に導入された頃は、アナログ式のタコグラフが主流であったが、現在では、デジタル化されたタコグラフが市場に流通するようになってきており、流通業等においては、安全運転管理、経済走行管理、業務の合理化などを目的にデジタコを導入する企業が増えてきている(写真-1参照)。

建設業では、装着義務のある 8ton ダンプトラックでアナログ式タコグラフの装着率が圧倒的に高く、また、オフロード車についてはタコグラフの装着率は皆無であるといった状況である。

前述のとおり、重ダンプの省燃費運転指導のポイントには、デジタコで計測可能な走行速度・エンジン回転数に関連する項目が多く、デジタコで計測したデータは、PC を利用することで整理・分析が容易にできる。

このため、重ダンプにデジタコを搭載し、運行状況(走行速度・エンジン回転数)が見える化し、データに基づく省燃費運転指導を継続的に行うことで、図-1に示す PDCA のサイクルを回しながら、継続的に省燃費運転教育を実施することが可能となると考えた。



写真-1 デジタルタコグラフ



図-1 省燃費運転指導における PDCA サイクル

3. 教育前運行データの収集・分析

3.1 方法

圏央道城山八王子トンネル(その2)工事(発注者：国土交通省 関東地方整備局, NATM 区間：(上り線)1,489m, (下り線)1,377m, 内空断面積約 75m²)で掘削土を搬出するために使用しているアーティキュレートダンプトラック(M 社製 MDT30, 以下重ダンプと称す,

写真-2参照)に, デジタコ(Y 社製 DTG-3)および燃料消費計(O 社製 FC-9521)を搭載し, 重ダンプの走行速度, エンジン回転数, 燃料消費量をモニタリングした。

当現場における重ダンプは, 空車(空荷走行)～旋回(切羽での方向転換)～積荷(掘削土の積み込み)～実車(掘削土の運搬)～旋回(仮置場での方向転換)～荷下し(仮置場での荷下し)を 1 サイクルとして掘削土をトンネル切羽から現場敷地内に設けた仮置き場に運搬していることを考慮して, 各工程における走行速度, エンジン回転数, 燃料消費量のデータを収集・分析した。

また, 重ダンプは走行中に大きな縦揺れの振動やエンジン回転に起因する比較的高い周波数の振動が発生するため, デジタコをそのまま搭載すると振動で破損することが懸念された。そこで, 大きな縦揺れの対策として, 写真-3に示す防振器具により低周波の振動対策を施し, 比較的高い周波数の振動対策として, 発砲ウレタンでデジタコを保護する対策を実施した。防振機器を設置したデジタコの状況を写真-4に示す。

重ダンプへの設置は, 運転席後部の鉄板にデジタコを収納した板をボルトで固定した(写真-5参照)。これらの対策により, デジタコが損傷することなくデータを収集することができた。

なお, 燃料消費計は, 運転席左側に設置した(写真-6参照)。



写真-2 重ダンプ



写真-3 防振機器



写真-4 デジタコ



写真-5 デジタコ設置状況



写真-6 燃費計設置状況

3.2 教育前運行データ分析結果

省燃費運転教育前の運転状況を把握するため, 平成 21 年 7 月 28 日～8 月 21 日(実稼動 14 日間)に, 重ダンプ運転データを収集した。この期間を以後, 第一期と称する。

第一期に収集した計 164 サイクルの運転データの内, 空車時および実車時燃費の分布をヒストグラムで図-2に示す。

図-2より, 重ダンプの運行状況として, 以下に示すことが明らかになった。

- ・ 概ね, 空車時は 0.7～1.2km/L, 実車時は 0.5～0.6km/L の燃費で走行をしている。
- ・ 空車時は実車時に比較して, 燃費のバラツキが多くなる。
- ・ 空車時では, 燃費が悪化する方向に広くバラツキが生じている。

今回運行データを収集した重ダンプは, オートマチック車であり, 電子制御により燃料の噴射量やシフトアップ・ダウンの制御を行っている。

また, 燃費が悪くなる実車時に燃費が向上するような設定が施されているため, 特に空車時の燃費にバラツキが生じやすい傾向があるものと推測された。

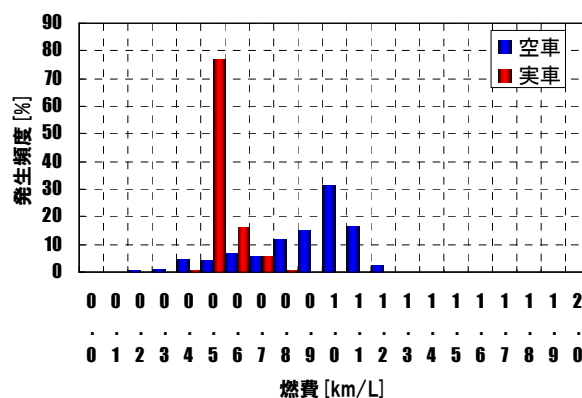


図-2 燃費ヒストグラム(第一期)

ここで, 空車時に燃費が変動する原因を特定するため, 移動距離が同程度(約 1.6km)で燃費が異なる運行データを比較した結果を図-3に示す。

この図より, 走行と停止を繰り返すことが燃費低下の一因であるすると判断できる。

さらに, 走行・停止を繰り返さない走行状態で燃費が変動する原因を特定するため, 移動距離が同程度(約 0.8km)で燃費の異なる運行データを比較した結果を図-4に示す。燃費が悪いときには, 燃費が良い場合と比較して, 概ねエンジン回転数が高く, 速度が遅い傾向を示した。つまり, 低速ギアを多用した運転をしていることが推測された。

横軸に速度, 縦軸に回転数をプロットすると, 使用したギア比により層別される。図-4中の 3 段目に表示した

グラフがギア比別に運転状況を分析した結果であるが、燃費が悪い場合は 3 速までのギアしか使用せず、燃費が良い場合には 4 速までのギアを使用していることがわかった。

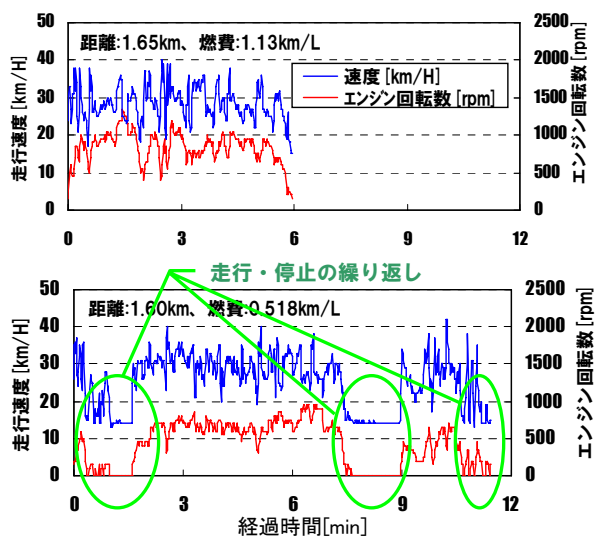


図-3 走行状態による燃費の変化(空車時)

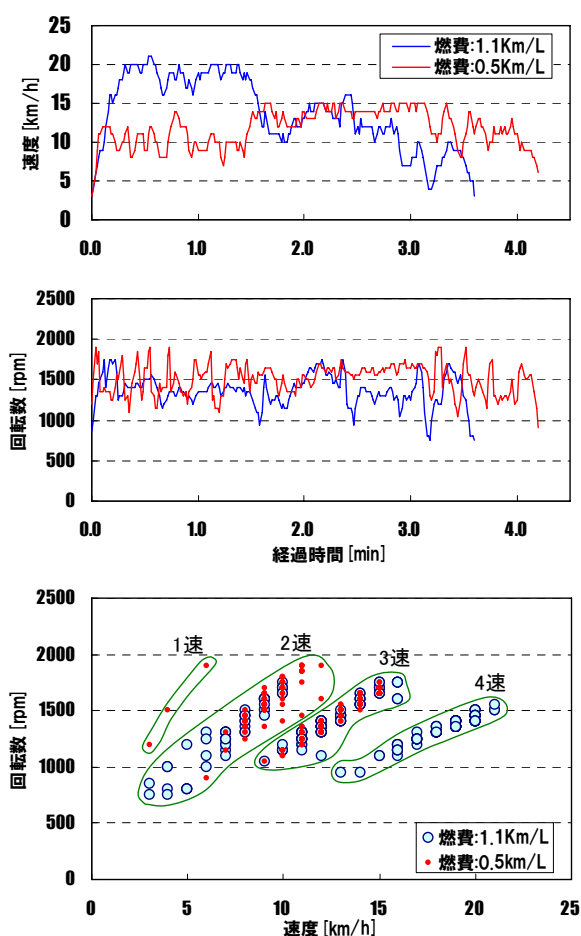


図-4 ギア比による燃費の変化

また、アイドリングの発生状況を表-1および図-5に示す。表-1中では、1 秒以上のアイドリング時の燃料消費量および発生時間をカウントしている。

以上より、アイドリング時に消費した燃料は、空車および実車時に使用した燃料の約 14%になることがわかった。

さらに、アイドリングの発生状況をアイドリング時間別に整理すると、図-5に示すように、アイドリング時間が短いほど発生回数が多いが、5 分以上にわたるアイドリングも発生している状況が伺えた。

表-1 アイドリング発生状況

	アイドリング時	空車	実車
燃料消費量[L]	107.1	273.1	477.3
走行距離[km]	0.0	239.2	223.8
発生時間[h]	26.15	-	-

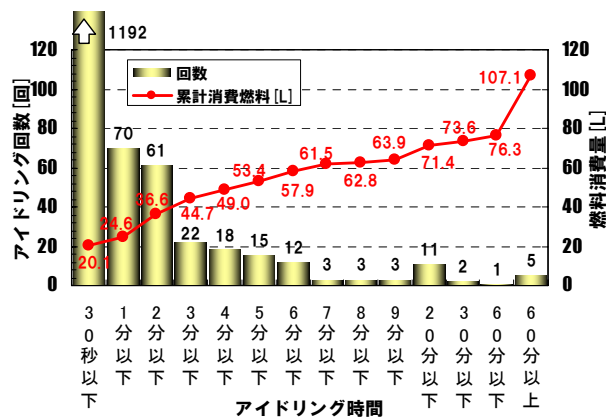


図-5 アイドリング発生状況(時間別)

3.3 運行データ分析結果

上述の分析結果より、以下に示す項目を省燃費運転教育のポイントと特定した。

- ・ アイドリングストップの励行
- ・ 走行・停止を繰り返さず、なるべく一度に長い距離を走行する。
- ・ 特に空車時には、4 速ギアをなるべく多く使用して走行するように心がける。

4. 省燃費運転教育効果の検証

4.1 教育後運行データ収集について

省燃費運転教育効果を検討するため、教育後の運転データを 2 回に分けて収集した。まず、作業所内における通常の安全・省燃費運転教育(以下、通常教育と称す)後の運転データを、(第二期)平成 22 年 2 月 15 日～19 日(昼間)で収集した。

同 19 日に、上述したデジタコで収集したデータに基づ

く省燃費運転のポイント 3 点を省燃費運転マニュアルにまとめ、省燃費運転教育(座学) (以下、デジタコ教育と称す) を行った。その教育風景を写真-7に示す。



写真-7 省燃費運転教育風景

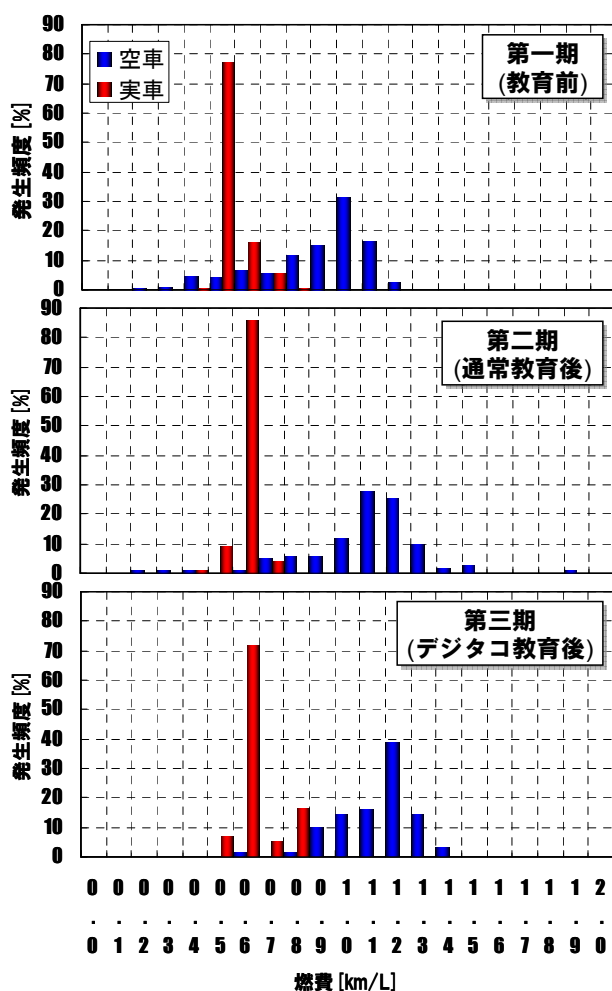


表-2 省燃費運転教育効果一覧

			第一期	第二期	第三期
サイクル数[n]			169	119	63
空車時	移動距離 [km]	合計	281.9	180.0	118.1
		平均	1.668	1.513	1.874
	消費燃料 [L]	合計	382.7	188.0	116.9
		平均	2.265	1.579	1.855
	待機時間 [min]	合計	815	460	56
		平均	4.8	3.9	0.9
	待機中 消費燃料[L]	合計	52.5	22.3	3.2
		平均	0.311	0.187	0.051
燃費[km/L]			0.737	0.958	1.010
旋回時	移動距離 [km]	合計	7.5	4.6	2.3
		平均	0.044	0.039	0.037
	消費燃料 [L]	合計	27.2	13.3	6.1
		平均	0.161	0.112	0.096
	待機時間 [min]	合計	380	73	28
		平均	2.9	0.6	0.4
	待機中 消費燃料[L]	合計	27.2	7.1	2.2
		平均	0.161	0.060	0.035
燃費[km/L]			0.161	0.346	0.387
積荷時	移動距離 [km]	合計	1.8	0.0	0.0
		平均	0.011	0.000	0.000
	消費燃料 [L]	合計	29.8	23.1	2.6
		平均	0.184	0.194	0.042
	待機時間 [min]	合計	441	529	59
		平均	2.7	4.4	0.9
	待機中 消費燃料[L]	合計	25.0	22.6	2.6
		平均	0.148	0.190	0.041
燃費[km/L]			0.062	0.001	0.001
実車時	移動距離 [km]	合計	232.0	182.9	105.8
		平均	1.432	1.537	1.680
	消費燃料 [L]	合計	491.5	338.0	181.3
		平均	3.034	2.840	2.877
	待機時間 [min]	合計	48	58	31
		平均	0.3	0.5	0.5
	待機中 消費燃料[L]	合計	4.5	4.0	1.6
		平均	0.028	0.034	0.025
燃費[km/L]			0.472	0.541	0.584
旋回時	移動距離 [km]	合計	1.5	1.3	0.9
		平均	0.009	0.011	0.015
	消費燃料 [L]	合計	11.6	7.8	3.4
		平均	0.077	0.065	0.055
	待機時間 [min]	合計	41	40	21
		平均	0.3	0.3	0.3
	待機中 消費燃料[L]	合計	4.6	3.3	1.2
		平均	0.028	0.028	0.019
燃費[km/L]			0.131	0.170	0.267
荷下時	移動距離 [km]	合計	0.1	0.0	0.1
		平均	0.001	0.000	0.001
	消費燃料 [L]	合計	22.9	17.0	7.8
		平均	0.142	0.143	0.124
	待機時間 [min]	合計	0	9	11
		平均	0.0	0.1	0.2
	待機中 消費燃料[L]	合計	22.3	0.7	0.7
		平均	0.138	0.006	0.012
燃費[km/L]			0.006	0.002	0.007

4.3 燃料消費量の代用特性について

デジタコで計測可能な速度およびエンジン回転数のデータから、燃料消費量を推計できれば、燃料消費計を搭載することなく、省燃費運転状況を確認することが可能となる。

このため、燃料消費量と関係の強いデジタコで測定可能な数値を検討した。結果を図-8～図-10に示す。

積算回転数とは、重ダンブが走行し始めてから停止するまでを1サイクルとし、その間に回転したエンジン回転数の累計値を積算回転数としている。

この積算回転数は、1サイクルで使用した燃料と作業工程を層別することで非常に強い相関があることがわかった。

今後、同様に他の重ダンブやダンブトラック等でデータを収集し、燃料消費量の代用特性としての適用性を検証していく予定である。

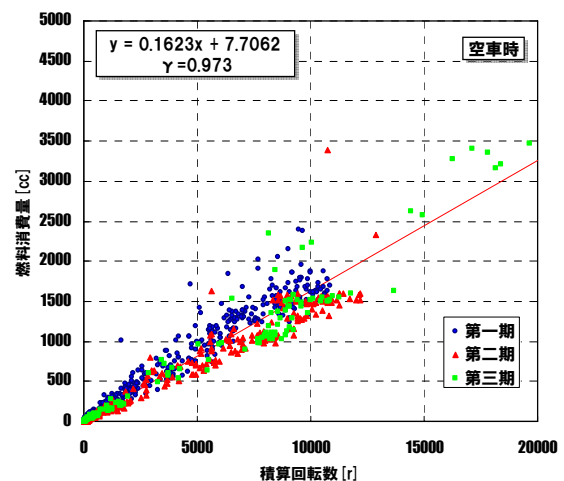


図-8 空車時の積算回転数と燃料消費量の関係

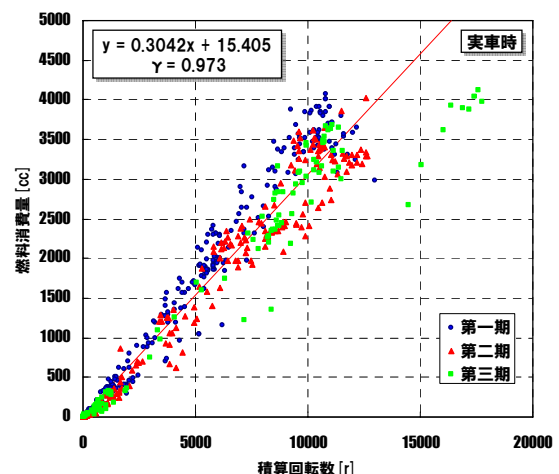


図-9 実車時の積算回転数と燃料消費量の関係

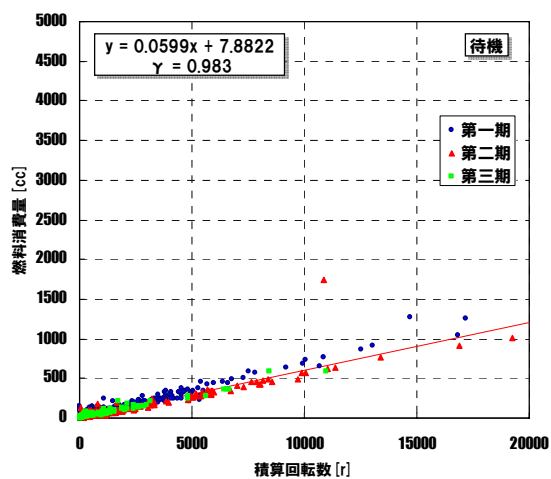


図-10 アイドリング時の積算回転数と燃料消費量の関係

5. おわりに

デジタルタコグラフを使用して，運行状況を分析し，データに基づいた省燃費運転教育を実施することで，教

育効果をあげ得ることがわかった．今後更にデータを収集し，効果的な管理方法を検証していく予定である．

最後に本検討を行うにあたり，矢崎総業(株)計装部の望月優氏に多大なるご尽力をいただいたことをここに記して謝意を表する．また，実験場所を提供していただいた，国土交通省関東地方整備局相武国道事務所にこの場で感謝の意を表する．

参考文献

- 1) 前田建設工業(株)2009年 CSR 報告書
- 2) 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第 4 次評価報告書 第 2 作業部会報告書 (影響・適応・脆弱性) の公表について (確定版)
http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=9441&hou_id=8258
- 3) 建設 3 団体リーフレット，作業所でできる地球温暖化防止活動!!
- 4) (社)土木学会，コンクリートの環境負荷評価(その 2)，p39，H16 年 9 月 30 日