

(35) GNSS データによる工事車両運行実績の見える化と分析

中村 泰広¹・有坂 壮平²・天野 和洋³・藤本 健治郎⁴・筒井 武志⁵

¹正会員 鹿島建設株式会社 土木管理本部 (〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11)

E-mail: nakay@kajima.com

²非会員 鹿島建設株式会社 技術研究所 (〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1)

E-mail: arisakas@kajima.com

³正会員 鹿島建設株式会社 技術研究所 (〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1)

E-mail: amano@kajima.com

⁴非会員 鹿島建設株式会社 機械技術センター (〒256-0804 神奈川県小田原市羽根尾字板取 167-1)

E-mail: kein@kajima.com

⁵非会員 鹿島建設株式会社 新桂沢ダム JV 工事事務所 (〒068-2122 北海道三笠市弥生並木町 45-3)

E-mail: tsutsuta@kajima.com

建設現場において土運搬のダンプトラックや生コン運搬車の適切な運行管理のため、GNSS と携帯通信を用いた車両運行管理システムの導入が広がってきており、今後は得られたデータを活かして運行計画を最適化し、車両・人員を適正に配置するための手法を具体化することが求められている。そこで、新桂沢ダム堤体建設工事で導入している当社開発の GNSS 車両運行管理システム「スマート G-Safe[®]」の運行実績データを様々な切り口で見える化、分析した。結果として、運行実績の GNSS データを見える化することにより工事用道路の利用状況や運搬路に応じた最適な手配台数を把握することが可能となり、運行計画の最適化を検討する上で有効な情報を得られることが判明した。

Key Words: GPS, GNSS, vehicle operation management, actual operation data, visualization, analysis

1. はじめに

鹿島では、2010 年に GPS 機能付き携帯電話をベースにした車両の速度監視・注意喚起システム「モバイル G-Safe[®]」¹⁾を業界に先駆けて自社開発し、多くの工事に導入してきた。その後、タブレット端末やスマートフォンを利用した「スマート G-Safe[®]」

(以下、G-Safe)に発展させ、工事車両の位置情報の把握、運行管理者と運転手の双方向通信、狭隘な工事用道路でのすれ違い管理、積載物の輸送・出来高管理等、現場のニーズに応えながら柔軟な機能向上を図っている^{2)~4)}。これまで 37 現場、延べ 1200 台以上の工事用車両に導入し(2019 年 6 月時点)、運行中の安全管理という点では十分な実績を上げているが、一方で蓄積された車両運行データの活用は十分とは言えない。システムとしては図-1 に示すような運行状況を見える化する機能も有するが、運行計画への有効な反映までには至っていない。そこで、まずは現場のニーズを探るべく、新桂沢ダム堤体建設工事で導入している G-Safe の運行実績データ

を様々な切り口で見える化、分析した。

また一方で、開発計画や施工計画を立案する際に、事前に周辺交通流への影響を予測・評価することを目的として、交通シミュレーションシステム「REST[®]」⁵⁾を自社開発し活用してきた。近年、この技術を現場内の工事用道路計画や工事用車両の運行計画に活用する場面が増えてきているが、大型車

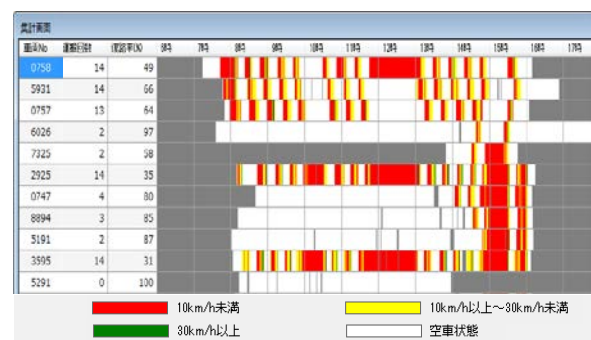


図-1 車両の運行状況の見える化例(速度履歴)

の車両挙動に関するデータが乏しく、正確性に課題があった。そこで、現場内での工事用車両を対象とした交通シミュレーションの精度向上を目指し、大型車の車両挙動データの分析を試みた。

2. 新桂沢ダムの概要と原石運搬道路

新桂沢ダムは、北海道空知地区に位置し、昭和 32 年に完成した桂沢ダムを同軸で 11.9m 嵩上げする再開発ダムである。原石山からの原石運搬道路（約 1.4km、標高差約 150m）は、狭隘ですれ違いができない区間が多く、11か所の待避所が設置されている（図-2、図-3参照）。この原石運搬道路を走行するダンプトラックの運行管理に使用している G-Safe の運行実績データを分析した。

3. データの見える化

(1) 速度分布の見える化

原石運搬道路上の速度を見える化したものを図-3 下段に示す。折り返しのカーブ区間での速度低下や待避所での停止状況が読み取れるが、待避所②、⑧では停止



図-2 新桂沢ダムの原石運搬道路

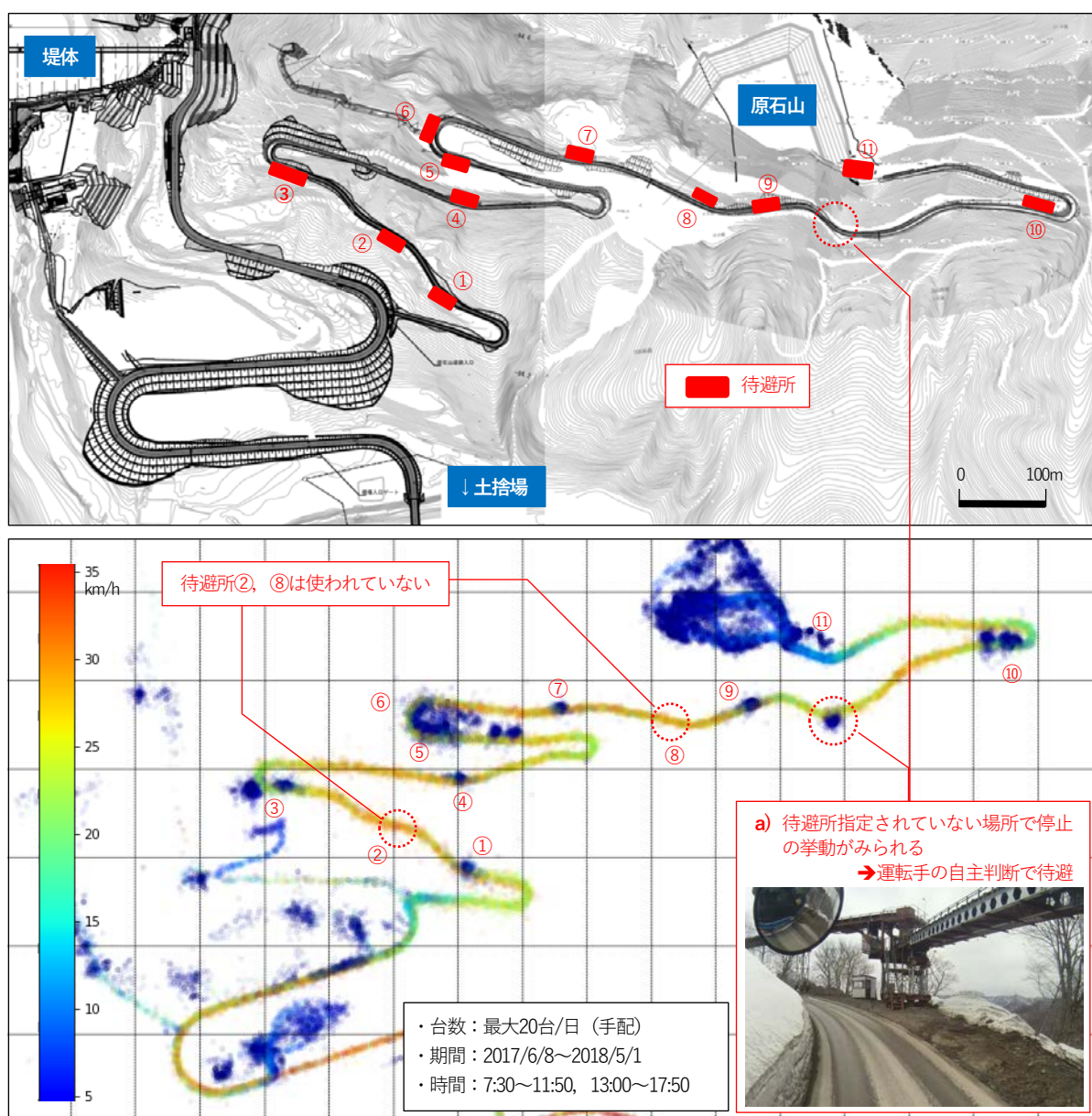


図-3 原石運搬道路での速度分布

するほどの速度低下が見られない。当該箇所は見通しが良く、G-Safe を車載したダンプトラックの待避所としては利用されていないことが分かる（聞き取りにより、連絡車等の利用はあるとのこと）。

一方で待避所指定されていない図中 a) 部では、運転手が自主的な判断で待避所として利用していることが分かる。こうした実績を現場で簡単に見える化できれば、待避所の再配置等、運行計画へのフィードバックを柔軟にできると考える。

(2) 運行台数と平均速度の関係

ダンプトラックの走行台数と平均速度の関係を表したグラフを図-4 に示す。横軸が同時に走行したダンプトラックの台数で、縦軸がその台数での平均速度である。1, 2, 8 台走行時はサンプル数が少ないためグラフにばらつきがみられるが、10 台を境に平均速度が約 5km/h 低下していることが分かる。要因として、運行台数が 10 台を超えると待避所で待避する回数が増えることが考えられる。こうした速度低下を把握することが、運搬路に応じた最適手配台数の把握につながり、運行計画の効率化にもつながると考える。

4. 大型車の車両挙動分析

現場内は工事用道路が未舗装の区間が多く、走行する車両も大型車が殆どであるため、一般道における車両の挙動と異なる。また、道路勾配による影響も大きいと考えられる。そのため、交通シミュレーションに必要な車両の加減速等のインプットデータについて十分な情報が無く、交通流の再現の正確性に課題があった。そこで、交通シミュレーションの条件設定に用いるパラメータを取得すべく、運行状況の見える化によって得た現場内での大型車の車両挙動データの分析を行った。

(1) 道路の平面線形と速度との関係

G-Safe では、GNSS による位置情報に加えてスマートフォンのセンサーにより方位角のデータを取得している。方位角の差を抽出することで進行方向に対する車両の向きの変化が分かる。この方位角差と速度の関係を図-5 に示す。これより、車両の向きの変化（角度）が大きくなるにつれて平均速度が低下することが確認できた。現時点では1現場約1年間のデータであるが、データ量を増やすことで精度が増すことが期待される。

一方で、交通シミュレーションのパラメータとしては移動距離を考慮した曲率と速度の関係を明らかにする必要がある、さらなる分析が必要である。

(2) 道路縦断勾配と速度との関係

G-Safe では、GNSS による位置情報として標高データも取得している。図-6 に標高値を反映した三次元的な運搬路と速度分布を示す。GNSS の標高データは誤差が大きく、そのまま活用されることは少ないが、図からも

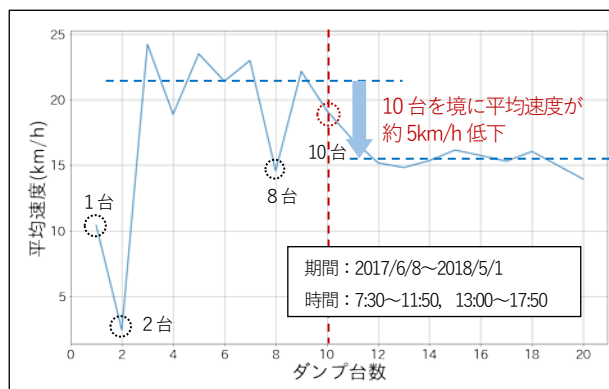


図-4 ダンプトラック走行台数と平均速度

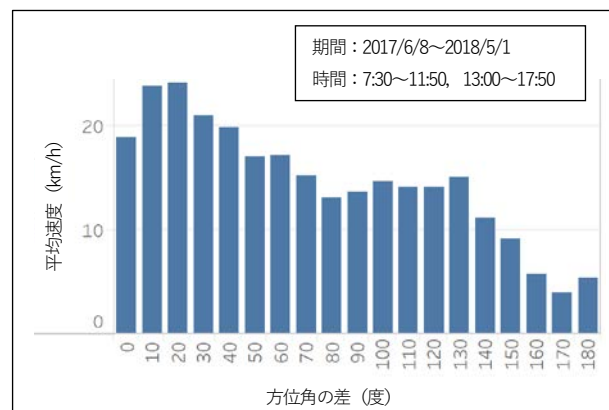


図-5 車両の方位角差と平均速度

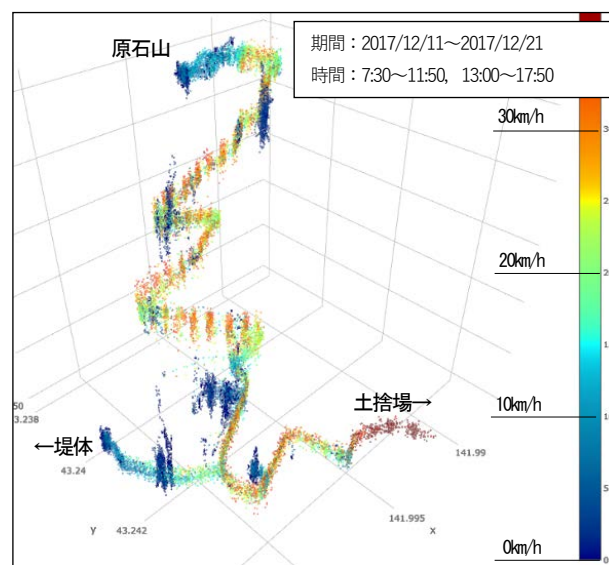


図-6 原石運搬道路上の速度分布（三次元）

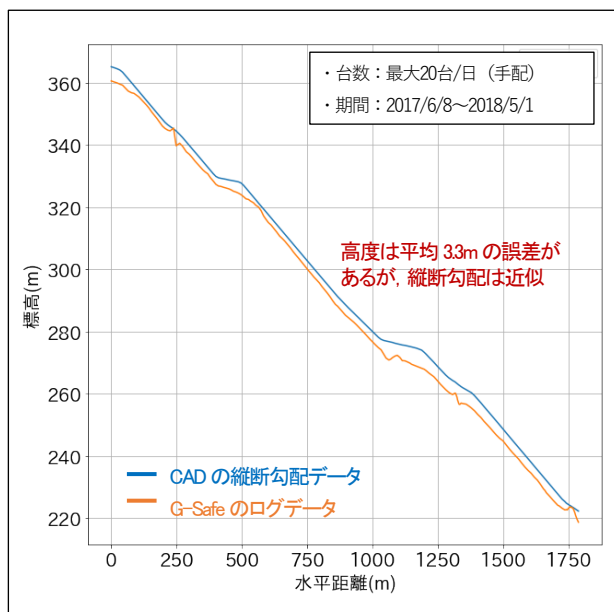


図-7 縦断勾配の比較検証

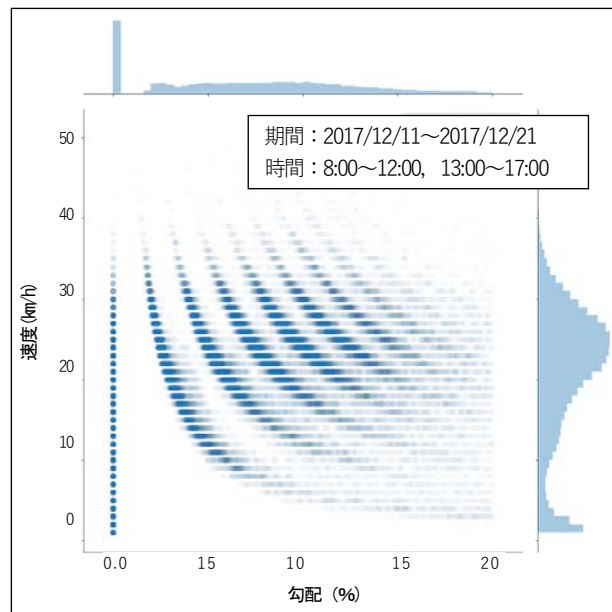


図-8 道路勾配と走行速度の関係

Z 軸方向のばらつきが大きいことが分かる。しかしながら、ある一定の幅には収まっており、これを平均化すれば道路の縦断勾配は把握できるのではないかと考えた。

図-7 は、G-Safe の運行実績データから得られた標高値と CAD 図面から読み取り作成した縦断図を重ね合わせたものである。G-Safe の標高値は、周囲半径 2m のデータ点の平均としている。これより、標高値としては平均で 3.3m の誤差（ダンプの車高は考慮外）があるが、縦断勾配は極めて近似していることが分かる。

また、道路勾配と走行速度の関係には負の相関を予想していたが、簡単な分析の範囲では確認できなかった（図-8 参照）。図中に縞状の空白部分が見られるのは、現状生データとして得られる標高値がメートル単位であり、1m 未満の高度変化を評価できないことによる。そのため、図-7 で示したような平均化した標高値を用いた分析が必要と考える。また、速度が低下するカーブ区間の勾配が比較的緩やかであることや、上り下りを合わせて分析したことも影響すると考えられるため、今後は上り下りを分けて、平面線形の影響も考慮して分析を進めることで関係性を明らかにしていきたい。これらのデータを多量に収集、分析することで工事現場における大型車特有の挙動に関する交通シミュレーションの入力パラメータを確立することができると考えている。

5. おわりに

本稿では G-Safe のデータを基に、車両運行管理システムから得られた工事車両運行実績データの見える化と分

析および活用方法について紹介した。引き続き施工計画や施工管理に有効な見える化の表現および分析方法を検討する。

また、G-Safe の運行実績データのみから道路の縦断勾配や車両の向きの変化を抽出し、車両挙動（速度、加速度）との関係性を分析することはできた。今後はその関係性を確実なものとするため、分析を継続するとともに天候条件といった要素も加味して、シミュレーション入力パラメータを確立し、精度向上に寄与するかを検証したいと考えている。

参考文献

- 1) 鹿島建設：GPS 速度監視システム「モバイル G-Safe®」, <https://www.kajima.co.jp/tech/c_dam/safety/index.html#body_01>, (入手 2019.6.7) .
- 2) 野呂好幸：タブレット型 GPS 端末を利用した車両運行管理システム「スマート G-SAFE」の開発と適用, 土木学会第 68 回年次学術講演会, pp.457-458, 2013.
- 3) 藤本健治郎：車両運行管理システムによる輸送・出来高管理の実現と安全性向上, 平成 27 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集, pp.23-26, 2015.
- 4) 中村泰広：車両運行管理システムによる運転支援と車両・輸送物のリアルタイム管理, 土木学会第 72 回年次学術講演会, pp.1563-1564, 2017.
- 5) 鹿島建設：交通シミュレーションシステム「REST®」, <https://www.kajima.co.jp/tech/c_urban_infra/it_analysis/index.html#body_04>, (入手 2019.6.7) .