

量子コンピュータを活用したダンプトラックの土運搬経路最適化の試行

清水建設株式会社 正会員 ○宮岡 香苗
 清水建設株式会社 正会員 藏重 幹夫
 清水建設株式会社 岡澤 岳
 清水建設株式会社 正会員 柳川 正和
 株式会社グルーヴノーツ 田中 孝
 株式会社グルーヴノーツ 吉村 敏志

1. 背景と目的

量子コンピュータとは、量子状態を利用して並列計算を実現するコンピュータである。「ゲート型」と「アニーリング型」の2つに大別され、後者は膨大な量の組み合わせから短時間で最適解を導出することが可能である¹⁾。これを用いて他産業では、廃棄物収集ルートや鉄道ダイヤ、工場の製造ラインなどの最適化を図る取り組みが進められている²⁾。今後、建設分野においても量子コンピュータを活用した業務の最適化による生産性の向上が期待される。

本試行では、量子コンピュータを用いてダンプトラックの土運搬経路の最適化を試みた。試行を通じてその効果を検証するとともに、今後の量子コンピュータの建設分野での活用可能性について考察を行う。

2. ダンプトラックの土運搬経路最適化の考え方

本試行対象現場の土運搬方法を図1に示す。当該現場では、土の発生・搬出場所の往復に、高速道路と一般道路の2種類の経路を使用する。高速道路については、経路の途中に待機場所を有する。尚、搬出場所から発生場所に向かい、また搬出場所に戻る過程を1往復とし、1往復中は同一の経路を走行する。

従来、複数の経路がある場合は、ダンプトラック毎に当日の走行経路を定めて運搬を行う。しかしこの方法では、経路の経時的な渋滞状況の変動や、突発的

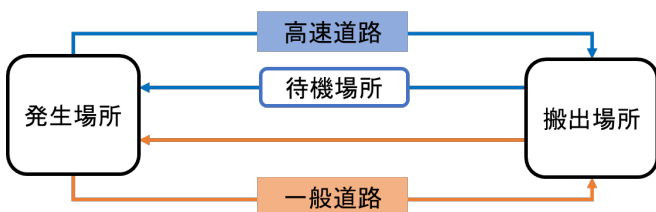


図1 試行対象現場の土運搬方法

なトラブルへの対応が困難である。そこで本試行では、各経路の渋滞状況や待機場所の混雑状況といった土運搬に影響を与える要因に関する情報をリアルタイムに取得し、それらの情報を基に量子コンピュータを用いて算出したその時点での最適な経路をダンプトラックが走行する方法を検討する。

3. システム構成と使用データ

本試行で構築した最適経路計算システムの構成を図2に示す。システムの構築にあたっては、(株)グルーヴノーツの提供する、量子コンピュータによる高速演算処理が可能なクラウドプラットフォーム「MAGELLAN BLOCKS」を利用した³⁾。

各ダンプトラックはGPS搭載のモバイル端末を携帯する。土の発生場所、搬出場所、待機場所、各経路の位置を登録したマップと、GPSから取得した位置情報を照合することで、各ダンプトラックの所在地や走行経路を常時判定する。ダンプトラックが土の

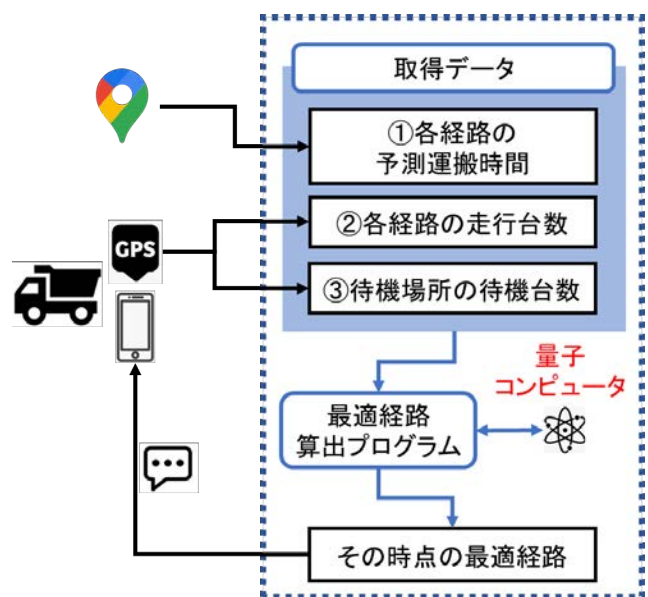


図2 最適経路計算システムの構成

キーワード 量子コンピュータ, 最適化計算, i-Construction, ダンプトラック土運搬

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋2丁目-16-1 清水建設株式会社

搬出場所に到着した時点で、次の運搬における最適経路計算を実行する。本試行では、土運搬に影響を与える要因として、①各経路の予測運搬時間、②各経路の走行台数、③待機場所の待機台数を選定した。①については、Google マップの移動所要時間予測データを利用し、②、③についてはモバイル端末のGPSデータから算出する。これらを「MAGELLAN BLOCKS」に取り込み、量子コンピュータを用いてその時点での最適経路を算出する。算出した結果は、メッセージとしてダンプトラックのモバイル端末に送信される。尚、今回行う最適経路計算の最大組み合わせ数は約1600万パターンであり、この計算に必要な時間は約5秒である。量子コンピュータを用いて短時間で計算を行うことで、ダンプトラックが搬出場所に到着してから出発するまでの間に、最適経路の算出からメッセージの送信までの処理が可能である。

4. 効果の検証

最適経路計算システムを用いた土運搬の試験運用を、4日間に渡り、計29台のダンプを対象に実施した。試験運用の結果から、下記3点について効果の検証を行った。

① 1往復あたりの運搬時間に関する効果

従来の土運搬と最適経路計算システムを用いた土運搬の1往復あたりの運搬時間を表1に示す。最適経路計算システムを用いることで、高速道路で8分、一般道路で6分の運搬時間の短縮を図ることができた。運搬時間は土の積込時間など様々な要因に影響を受けるが、最適経路計算結果を基に適時経路を選択することで、運搬時間の短縮に一定の効果があったと考えられる。

② 土運搬量に関する効果

工期短縮を図る上では、一日あたりの土運搬量の増加を図ることが肝要である。①で示した1往復あたりの運搬時間の短縮により、対象現場では一日あたり平均50トン(10トン積載ダンプトラック5往復分)の土運搬量の増加が可能となった。

表1 1往復あたりの運搬時間の比較

土運搬方法	1往復あたりの運搬時間(分)	
	高速道路	一般道路
従来の方法	89	84
最適経路計算システム使用	81	78
	-8	-6

③ ダンプトラックの二酸化炭素排出量に関する効果

(一社)日本建設業連合会では、施工段階の二酸化炭素(以下CO₂)排出量について、施工高あたりの原単位(t-CO₂/億円)を、2030年に1990年と比較して25%削減するという目標を掲げている⁴⁾。CO₂排出量算定方法の一つである燃料法⁵⁾を用いて、従来の土運搬と最適経路計算システムを用いた土運搬のCO₂排出量を算出・比較すると、運搬時間の短縮に伴い1往復あたり約10%のCO₂排出量削減が可能となった。

5. まとめ

本試行では、量子コンピュータを用いてダンプトラックの土運搬経路の最適化を行った。最適経路計算処理を短時間で行うことで、リアルタイムな情報を基に最適な経路を算出し、ダンプトラックの走行に反映することができた。また、従来の土運搬と比較して、1往復あたりの運搬時間の短縮と、それに伴う1日あたりの土運搬量の増加、CO₂排出量の削減の効果を確認することができた。

今回対象とした土運搬は、土の発生・搬出場所が1箇所、経路が2種類と比較的簡単な条件のものである。今後、土の発生・搬出場所や経路数が多い、より複雑な土運搬を対象に展開することで、量子コンピュータの利点をさらに活かすことが可能であると考えられる。また、現場の配員計画やリース仮設材の配分計画など、他の業務への適用についても検討を進めていきたい。最適化計算を行う際には、必要な情報のデータ取得・管理が必須である。今後、建設分野での量子コンピュータの活用を考える上では、i-Constructionで提唱されているデジタルデータ活用をさらに推進していく必要がある。

参考文献

1)西森秀稔、「量子アニーリングの解説」ホームページ：<http://q-annealing.org/QA/q-annealing.html>

2)株式会社グローヴノーツホームページ：<https://www.groovenauts.jp/information/>

3)MAGELLAN BLOCKS ホームページ：<https://www.magellanic-clouds.com/blocks/>

4) (一社)日本建設業連合会、2017年度CO₂排出量調査報告書、p.1

5) 経済産業省・国土交通省、物流分野のCO₂排出量に関する算定方法ガイドライン、p.4