

### ダムコンクリート骨材粒径判別システムの開発

清水建設株式会社 正会員 ○白崎耕平  
 清水建設株式会社 技術研究所 竹内啓五  
 みずほ情報総研株式会社 松崎和敏

#### 1. はじめに

重力式コンクリートダムは自重で水圧に耐えるという構造のため、膨大なコンクリート量が必要である。その強度は非常に重要であり、コンクリートの品質確保には適切な骨材粒径の管理が不可欠である。コンクリート材料である骨材の搬送方法のひとつとしてベルトコンベアによる搬送があげられる。従来この骨材搬送では、人が監視カメラ等を用いてベルトコンベア上を流れる骨材の粒径を確認していた。しかし我々は、人的コストの削減や、人為的なミスを防ぐという観点から、骨材粒径の自動判定が有用と考えた。

本システムでは、骨材を直接計測し判別するために、3次元センサを用いた。3次元センサには市販のセンサ（Microsoft Kinect One Sensor™）を使用している。このセンサは2万円前後と比較的安価に入手が可能である。3次元センサは、2010年にKinectが発表されたことを皮切りに、低価格化・高性能化が進んでおり、多くの分野で使われ始め、建設・土木の分野も例外ではない<sup>1)</sup>。本システムは、工事現場という厳しい環境を想定し、機械学習による判別機構を実装した。本報告では同取組の概要について説明する。

#### 2. 骨材粒径自動判定システムの概要

骨材粒径自動判定システムの概要図を図1に示す。ベルトコンベア上部に3次元センサを取付け、取得データを判別用PCに取り込まれ判別を行う。判別結果は制御PCに送られる。同PCはWebサーバ機能を有しており、Internetを介しての判別開始・終了操作や判別結果の確認が可能である。

#### 3. アルゴリズム概要

本システムでは図2に示す点群が取得される。この情報に基づき骨材粒径の判定を行う。局所特徴量は、注目点とその近傍の3次元形状の特徴を表すSHOT特徴量<sup>2)</sup>を用いた。導入準備は骨材ごとのデータの特徴を学習するフェーズと、学習結果に基づいて骨材粒径を判定するフェーズの2フェーズで構成される。

・学習フェーズ

1. 粒径が既知の骨材の3次元点群データを多数取得し、SHOT特徴量を求める。
2. 全てのSHOT特徴量の属するクラスタを決定するとともに、クラスタ中心を得る。
3. 各クラスタに属する特徴量数から作成したヒストグラムを学習結果とする。

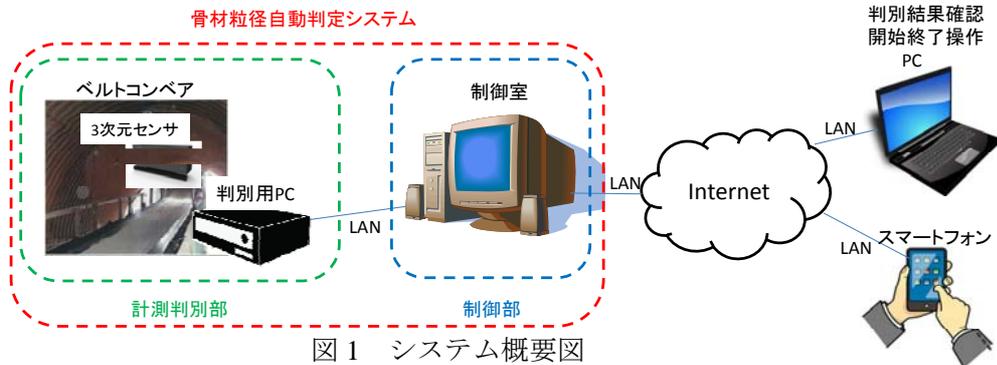


図1 システム概要図

キーワード 骨材粒径 自動判別 ベルトコンベア 3次元センサ SHOT特徴量 誤投入防止

〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 1-16 清水建設株式会社 土木技術本部 開発機械部

Tel: 03-3561-3880 Fax: 03-3561-8673

・判定フェーズ

1. 3次元点群を取得し、SHOT 特徴量の属するクラスを決定し、正規化したヒストグラムを作成する
2. 学習結果の各骨材粒径のヒストグラムの中で最も類似度の高い粒径を判定結果とする。

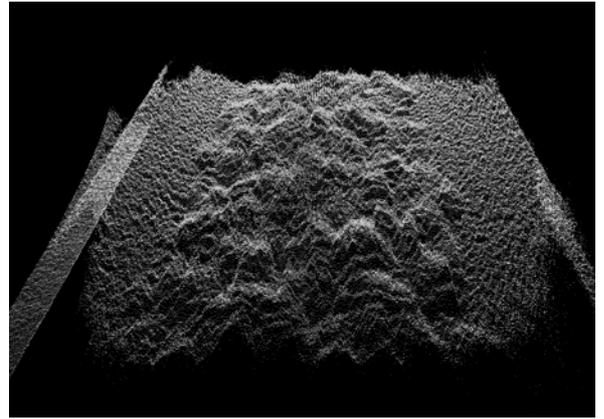


図2 取得点群

4. 実証試験

実証実験では、本システムを実際の工事現場に導入し(図3)、データ取得、評価を行った。ベルトコンベアを160[m/min]程度の速度で動作させ、80[mm]の骨材、40[mm]の骨材、20[mm]の骨材、砂(5[mm]以下)を搬送する場合と、何も搬送しない場合のデータを、約1ヶ月間にわたって取得した。

学習データ数は500で、パラメータとして考慮する近傍点の範囲、抽出間隔(特徴量を計算する点の選択間隔)と、特徴量計算時の近傍点の範囲である。

パラメータ値と学習・判定結果の関係を表1に示す。取得データを5個のサブセットに分け、交差判定を行ったものである。同結果から今回の粒形判別のシステムが、調整により100%に近い判定を行うことが可能であることが示された。

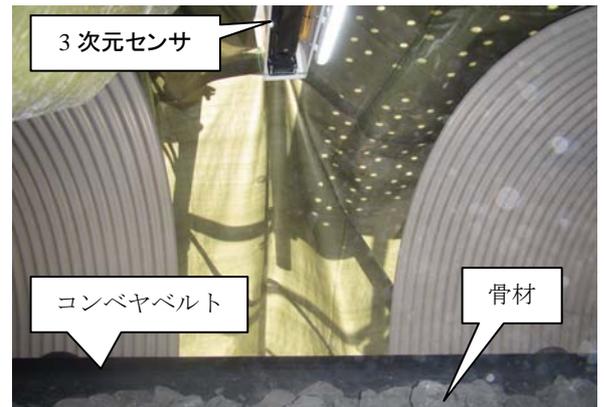


図3 設置状況

5. おわりに

ベルトコンベアの骨材管理に対して、3次元センサに基づく自動判定装置を導入した。骨材粒径の判定には Bag of Features 法に基づく機械学習のアルゴリズムを用い、実証実験においては、パラメータ調整を行うことで正解率100%を達成し、判定性能が十分に高いシステムであることを示した。この判別性能を骨材の誤投入防止システムに応用して実際の工事現場で運用を行っている。

表1 学習判定結果

		特徴量計算時の近傍点の範囲[m]				
		0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
抽出間隔 [m]	0.01	88.4	95.6	99.2	100.0	100.0
	0.02	88.4	92.8	91.2	100.0	99.6
	0.03	88.0	96.8	91.6	100.0	98.8
	0.04	90.0	90.4	92.0	100.0	100.0

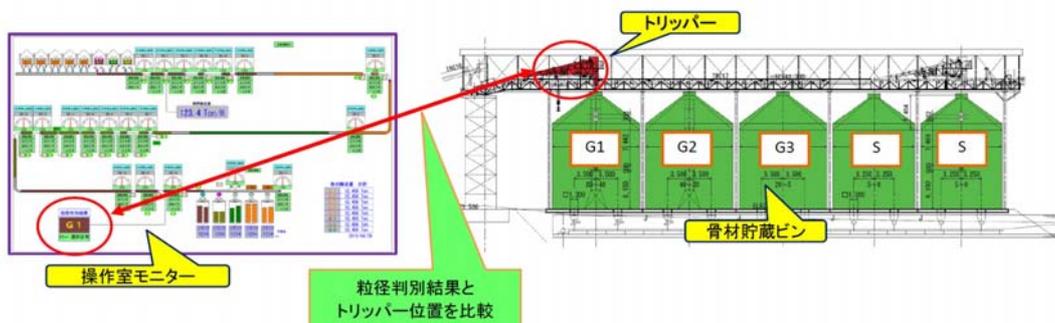


図4 誤投入防止システム概要図

参考文献

- 1) 竹内啓五, 石岡宏晃, 高山和弘, 宇野康則, “小型ハンディスキヤナを用いた歴史的建造物復元工事支援”, 清水建設 研究所報一覧(清水建設研究報告) 第91号 2014年1月
- 2) F.Tombari, S.Salti, L.D.Stefano, “Unique Signatures of Histograms for Local Surface Description”, European Conference on Computer Vision (ECCV), pp.356-369, 2010.