携帯電話のカメラ機能を用いたトンネル坑内での簡易粉じん濃度測定方法

山口大学大学院理工学研究科　学生会員　○佐々木雄紀
中電技術コンサルタント株式会社　正会員　岸田展明
飛島建設株式会社　正会員　筒井隆規
山口大学大学院理工学研究科　正会員　進士正人

1. はじめに

トンネル建設工事中に発生する浮遊粉じんは，肺機能障害の原因物質であり，厚生労働省により半月に1回の定期的な粉じん濃度測定が義務化されている[1]．現在，日本国内では，粉じん濃度測定にはデジタル粉じん計が用いられている．この計器は高い精度を持つが，高価であり，設置地点で継続的に10分以上の測定が必要である．そのため，著者らはデジタルカメラを利用した粉じん濃度測定法を提案した[2]．この方法は安価で簡易であるが，撮影した画像から粉じん濃度算出の過程でコンピュータによる画像処理が必要であった．そこで，本研究ではフラッシュ機能付きカメラを搭載し，独自に開発したプログラムをそれ自体で実行することができるAndroidフォンに注目した．しかし，Androidフォン搭載のモバイルカメラ(以下，”モバイルカメラ”と略称する)で同様の粉じん濃度測定を行ったところ，**図-1**に示す相関図からわかるように低くなってしまった．

本研究では，精度が低くなる原因，及びその解決方法として，外部補助光源を用いた動画撮影による粉じん計測について検討した．

2. 鏡を用いた室内実験

既往の研究による粉じん濃度測定法は，粉じんがフラッシュ光に散乱し，白斑として写ることを利用したものである．**写真-1**に示す様に，デジタルカメラとモバイルカメラでは粉じんの写り方が異なる．すなわち，モバイルカメラでは**写真-1**(b)のように，粉じんが淡い線状に写っている．これはモバイルカメラがデジタルカメラに比べ，露光時間が長く，フラッシュ光が弱いことが原因であると考えられる．

その確認のため，**写真-2**に示す鏡を用いた室内実験を考案した．これは，鏡上に粉じんを置き，フラッシュ光を鏡に対して斜めに入射することで，粉じんのみに光を散乱させることのできる装置である．鏡実験により得られた粉じんの拡大画像を**写真-3**

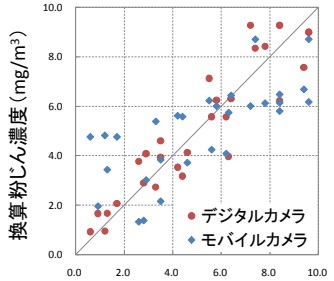
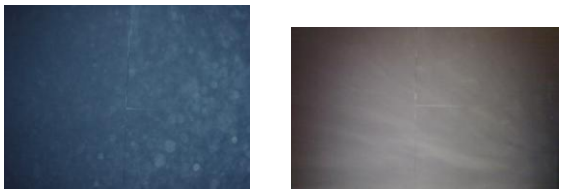


図-1　モバイルカメラとデジタルカメラによる換算粉じん濃度の相関図



(a)デジタルカメラ　　(b)モバイルカメラ

写真-1　撮影画像比較

写真-2　鏡実験

(a)デジタルカメラ　　(b)モバイルカメラ

写真-3　撮影粉じん比較

キーワード：粉じん，粉じん濃度測定，Androidフォン，モバイルカメラ，動画撮影，外部補助光源
連絡先：〒755-9611　宇部市常盤台2-16-1　tel(0836)85-9335

に示す．デジタルカメラと同様にモバイルカメラでも，固定した粉じんは白斑として写っている．したがって，粉じんはトンネル坑内で高速浮遊しているため，露光時間が長いと線状に写ってしまうことが分かった．また，デジタルカメラのフラッシュ光をあえて弱めた状態で撮影した粉じんの拡大画像を**写真-4** に示す．粉じんはモバイルカメラ撮影時と同様に淡く写っていることから，粉じんが淡く写る原因は，フラッシュ光の弱さであることが分かる．

3. 解決方法

露光時間，フラッシュ光の強弱はモバイルカメラ上で自由に変更できないため，それぞれ別の解決方法を考案した．

露光時間について，動画撮影を行うことにした．すなわち，撮影動画から複数枚の画像を取り出し，それぞれから粉じん濃度を換算すると共に，その平均をとることで，露光時間の長さによる影響を軽減できると考えた．あわせて，フラッシュ光について，外部補助光源を用い，動画撮影時の光源の弱さを補った．外部補助光源として，**写真-5** に示す，明るさ 200 ルーメンの LED ライト(サンジェルマン社製 Dominator DC-109F)を使用した．

4. 現場実験

(1) 実験方法

現場実験は，山岳工法発破掘削によって施工中のトンネル坑内において，切羽から 100m 及び 50m 地点で行った．**写真-6** に示す様に，固定したブラックパネルに向かい 1m 離れた位置から，外部補助光源をモバイルカメラのレンズの上から斜めに照射し，デジタル粉じん計と同期させながら 85 分間の動画撮影を行った．実験時のモバイルカメラの設定は**表-1** に示すように固定した．

(2) 実験結果

85 分間の撮影動画から 6400 枚の画像を取り出し，学習用データとしニューラルネットワークを構築した．次に，新たに 1900 枚の画像を評価用データとして取り出し，**図-2** に示す画像処理を行い，換算粉じん濃度を算出した．取り出した画像の一例を**写真-7 に**，動画撮影と写真撮影による換算粉じん濃度比較を**図-3** に示す．動画撮影によって得られた換算粉じん濃度の相関係数は 0.95 と，写真撮影から得られた相関係数 0.66 と比べ，測定精度が向上した．

5. 結論

モバイルカメラによる動画撮影に外部補助光源を組み合わせることにより，同じくモバイルカメラを用いた写真撮影と比べ，高い測定精度が確認できた．

参考文献：

1)「粉じん防止障害規則」厚生労働省令第五五号，平成 21 年 3 月 30 日

2) 進士 正人，岸田 展明；“ニューラルネットワークを利用したデジタルカメラによる粉じん濃度測定の実用化”，土木学会論文集G，Vol. 66, No. 4, pp.194-200, (2010)

写真-4 フラッシュ光を弱めた撮影粉じん

写真-5 補助光源

表-1 モバイルカメラ(HTC Desire)撮影パラメーター

パラメーター		値
露出	5段階(-2から+2)	0
コントラスト	5段階(-2から+2)	0
彩度	5段階(-2から+2)	0
シャープネス	5段階(-2から+2)	0
ホワイトバランス		固定
解像度		800×480

写真-6 現場実験状況

写真-7 撮影画像

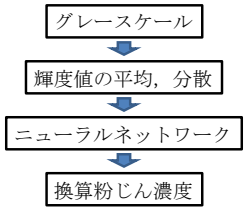


図-2 粉じん濃度換算方法

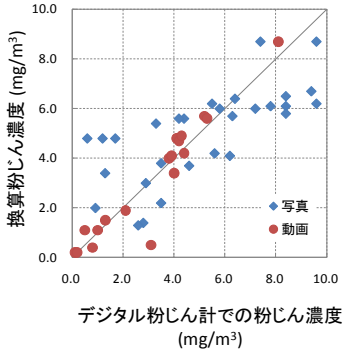


図-3 モバイルカメラによる動画撮影と写真撮影の換算粉じん濃度