

地下鉄トンネル検査へのドローン適用のためのドライバー育成

東京地下鉄（株） 正会員 辻 貴大, 石川 幸宏, 小西 真治, 河畑 充弘
 非会員 ○関口 恵生, 工藤 啓士朗, 榎谷 祐輝
 ベイシスコンサルティング（株） 非会員 後藤 純一

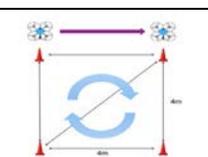
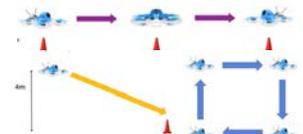
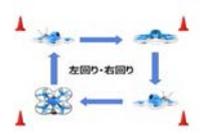
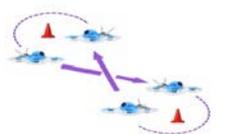
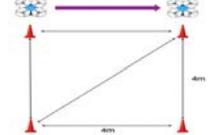
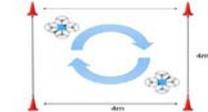
1. はじめに

東京地下鉄（以下、「東京メトロ」という。）は、東京圏を事業基盤として、9路線、営業キロ195kmで運営している。保有する土木構造物は、トンネル、高架橋、橋りょう、土工等からなり、このうち約85%がトンネルを占める。トンネルの維持管理にあたっては、国土交通省「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき、2年毎に軌道上からの目視及び必要箇所の打音を行う通常全般検査、20年を超えない周期で高所作業車上から近接目視及び必要箇所の打音を行う特別全般検査等によりトンネルの状態を確認している。通常全般検査は、軌道上からの目視であることから、トンネル内の比較的高い箇所（上床開口部、立坑、複線シールドのクラウン部等）は遠望目視となり、構造物の状態によっては、検査とは別日に足場等を用いて確認しており、この作業に苦慮している。東京メトロでは2020年2月から、この高い箇所のコンクリートの状態をより簡易に確認するためにドローンを活用している。東京メトロで使用するドローンは、トンネル内という非GPS環境下且つ複雑な構造下でも安全に飛行できる非GPS系ドローンを採用している。一般的に普及しているGPS系ドローン、（農薬散布用の自動飛行ドローン等のGPSの利用によって自立飛行が可能な機体）と比べ高い操縦技術が求められる。そこで、GPS等による操縦補助機能がないマニュアル操作が可能なドローン操縦者の育成を行っている。

2. 育成研修内容

ドローン操縦者の育成として、ドローンの安全な飛行を確保するため国土交通省航空局標準マニュアル¹⁾に則り、表1のような育成研修プログラムを組んでいる。研修プログラムは、ドローンを操縦するにあたり必要な知識を学ぶ「座学（2日間）」、ドローンの操縦技術を学ぶ「実技（6日間）」の2部構成とした。「座学」は、ドローンについての、基礎知識や仕組み、飛行・操縦に関する法律や規制、使用する電波とその特性、飛行に伴う申請や登録手続き等について学ぶ。「実技」は、初級としてドローン操作に慣れるため高度維持機能があるGPS系ドローンによる操作研修（4日間）、中級としてトンネル内の非GPS環境下を想定した高度維持機能がない非GPS系ドローンによる操作研修（2日間）を行った。実技の習熟度により必要に応じて補習を行う実技予備日を設けている。各日の最後には、効果確認テストを実施し、その日に習得すべき技量が備わっているか確認した。

表1 研修プログラム

	日数	研修内容
座学	1・2日間	ドローンの基礎知識について
実技	1日目	<ul style="list-style-type: none"> 高度維持機能あり 後方視点操作によるホバリング維持, 各種移動（前後左右, 斜め, 四角, 円） 
	2日目	<ul style="list-style-type: none"> 高度維持機能あり 全方位視点操縦（側面, 対面）による各種移動（4方向ホバリング, 斜め, 四角） 
	3日目	<ul style="list-style-type: none"> 高度維持機能あり 全方位視点操縦（側面, 対面）による進行方向への各種移動（四角, 円） 
	4日目	<ul style="list-style-type: none"> 高度維持機能あり 全方位視点操縦（側面, 対面）による8の字飛行 
	5日目	<ul style="list-style-type: none"> 高度維持機能なし 後方視点操作によるホバリング維持, 各種移動（前後左右, 斜め, 四角） 
	6日目	<ul style="list-style-type: none"> 高度維持機能なし 後方視点操作による円移動 

3. 教育実施状況

育成研修プログラムの状況を、写真 1～6 に示す。非 GPS 系ドローンの細かな操作感を覚えるため、写真 2 のように実機に技量習得訓練の合間を利用して、シミュレーターによるホバリングやプロポ操作の練習を行った。表 1 に示した研修プログラムに加えて、トンネル内を操縦するための技量習得のため、写真 3 のような距離間・空間認識力を高める目的でトンネル内の高い箇所を想定した操縦訓練を行った。また、複雑な構造下にあるトンネル内の操縦を可能とするため、写真 4 のような障害物を多く設置した応用コースによる操縦訓練も同時に行った。そして、ドローンを壁横にホバリングさせた際にドローン自身が発生させた風の影響を受ける中安定した飛行を維持するため、写真 6 のように扇風機を使用し風を想定した中の操縦訓練を行った。実技終了後には操縦技術の維持として定期的にシミュレーターを使用することで、ドローン操縦のトレーニングを行うことが出来る。

座学・実技は、ドローン活用と専用機体の共同開発を行っているドローンの専門家（株）ベイシスコンサルティング、後藤純一氏）に講師をお願いした。



写真 1 座学受講



写真 2 シミュレーター
による操作訓練



写真 3 高所操縦訓練



写真 4 応用コース操作訓練



写真 5 効果確認テスト

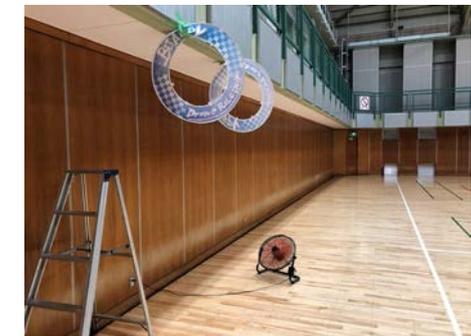


写真 6 風を想定した訓練

4. まとめ

東京メトロでは、非 GPS 環境下且つ複雑な構造であるトンネル内のドローン操作が可能となるよう、独自研修プログラムによる操縦者の育成を行い、現在ではトンネル検査に同行させて、高所の検査を行っている。今後と展開としては、現在 2 路線で行っている対象路線を順次拡大し検証を行っていき、より良いトンネルの維持管理の実現に向けて検証を行っていく。

キーワード トンネル検査 ドローン ドローン操縦者育成 GPS 系ドローン

連絡先：〒110-0015 東京都台東区東上野 5-6-6 東京地下鉄株式会社鉄道本部工務部土木工事所 TEL03-3837-7358

参考文献 1) 国土交通省:国土交通省航空局標準マニュアル