UAVによる土量算出方法の精度評価

㈱新星コンサルタント　正会員　○中島　博敬
正会員　松本　良一
正会員　中島　英敬
和具麻里子

１．はじめに

近年のUAVは、飛行の安定性と安価に入手できるため急速に普及し、安全管理が重要となったため、法整備が進み、空中写真測量を含めた公共測量や土工の出来形管理へ活用されつつある。また、測量技術者が減少する中で生産性を確保できる有力な方法として期待されており、国土交通省でもICTの全面的な活用を施策として推進しており、空中写真測量による3次元点群データの作成が注目を集めている。

本研究では、UAVによる写真測量により計測した3次元座標から土量を算定し、公共測量で認知されているVRSで算出した土量との差異を比較した。比較した項目は、UAVに搭載したカメラの解像度(1600万画素、1200万画素)、撮影高度(25m、40m)、対空標識の枚数(5枚、10枚、15枚、20枚)である。その結果、撮影範囲約800m^2、標高差約3mの土量算定では、対空標識を撮影地点の外周と中央に設置することで、VRSによる土量算定と2～3%の差異で土量を算定できたことを報告する。

２．研究手法

研究対象は、茨城県常総市の水海道有料道路始点付近にある建設技術管理センター管理の公共残土ストックヤードの盛土量で、撮影条件などを以下に記す。

図１　対空標識設置位置

天候は、空中からの写真撮影に適した曇りで無風、撮影範囲は、約800m^2、撮影では、解像度1600万画素と1200万画素のカメラをUAVに搭載して空中撮影を行った。撮影時のオーバーラップ率は90%、サイドラップ率は60%、撮影高度は25mと40m 、撮影回数はUAV1台につき8回の撮影を行い点群データを作成した。標定点となる対空標識の設置条件は、各標識の水平離隔を公共測量で定められた水平距離とし、枚数は5枚、10枚、15枚、20枚（図1)、標定点の座標は、GNSS機器を利用したVRS観測による単点観測法を用いて現地にて座標観測を行った。

３．結果と考察

表1は、カメラ解像度の異なる撮影により算出した土量と、VRSで算出した土量1304m^{3}との差を示す。対空標識の枚数とVRSとの土量の関係は、解像度1600万画素の場合は、土量の差異は平均で18～19m^3、比率では約1%、解像度1200万画素の場合は、土量の差異は平均で24～33m^3、比率では2～3%であった。

(1) 撮影高度による対空標識の枚数と算出土量の関係

解像度1600万画素の場合は、撮影高度25mでは、対空標識の5～20枚の土量の差異は12～24m^3、比率では1～2%、撮影高度40mでは、土量の差異は4～29m^3、比率では0～2%となっており、撮影高度が高い方が差異の上限値が大きい。これは、撮影する1画素当たり面積や距離が大きいためと考えられる。解像度1200万画素の場合は、撮影高度25mでは、対空標識5～20枚の土量の差異は25～38m^3、比率では2～3%、撮影高度40mでは、土量の差異は17～27m^3、比率では1～2%となっており、撮影高度が低い方が差異の上限値が大きくなった。上記より、撮影高度や対空標識の枚数に関わらず、解像度1600万画素の方が1200万画素よりも差異が

キーワード　UAV，空中写真測量技術，公共測量，精度評価，VRS観測，SfM
連絡先　〒300-2721　茨城県常総市篠山885番地の3　㈱新星コンサルタント　中島 博敬　ＴＥＬ0297-42-3333

小さい。また、対空標識の枚数に関わらず土量差の比率は約 2 %で、土量差の平均は 5 枚では 19m³（差異は 4～34m³）10 枚では 27m³（差異は 17～38m³）、15 枚では 23m³（差異は 20～26m³）、20 枚では 24m³（差異は 16～34m³）となり、対空標識の枚数の増加が差異を少なくする効果は明確ではなかった。

表 1　カメラ解像度と計測結果の比較

解像度（画素）		1600万				1200万				枚数毎の平均	
高度		25m		40m		25m		40m			
	枚	%	m³	%	m³	%	m³	%	m³	%	m³
対空標識	5	100.9	12	100.3	4	102.6	34	102.1	27	101.5	19
	10	101.8	24	102.2	29	102.9	38	101.3	17	102.0	27
	15	101.5	20	101.7	22	101.9	25	102.0	26	101.8	23
	20	101.5	19	101.3	16	102.6	34	102.1	27	101.9	24
平均		101.4	19	101.4	18	102.5	33	101.9	24	101.8	23

(2)撮影高度、対空標識の枚数による算出土量の関係

前述した撮影高度、対空標識の枚数と算出土量の関係を図 2 に示す。X 軸は対空標識の枚数，Y 軸は VRS で算出した土量との差を表す。解像度 1600 万画素の場合、◆で示す撮影高度 25m と■で示す高度 40m ともに、差異の最大値は対空標識 10 枚で発生し、5 枚で最小値となった。分布は凸型であり、枚数を追加することで差異を減少できる可能性がある。解像度 1200 万画素の場合、▲で示す撮影高度 25m は、解像度 1600 万画素の場合と同様に差異の最大値は対空標識 10 枚で発生しているが、●で示す高度 40m では、対空標識 10 枚の場合が差異の最小値で、その他の枚数では 10 枚よりも差異が大きく、ほぼ同じ値であった。分布は凹型であり、枚数を追加しても差異を減少できないと考えられる。対空標識 10 枚が特異点となった原因は対空標識の配置である。すなわち、対空標識設置位置を示した図 1 と計測範囲の標高を示した図 3 より、5 枚は撮影地点の外周と中央に設置し、10 枚は法面の法肩に設置して法尻や法面上には設置していないが、15 枚と 20 枚では法尻や法面上にも設置しており、10 枚では法面の起伏や四隅の形状の再現が不十分であった。これにより法面の起伏や四隅の形状を十分に再現できず、VRS で算出した土量との差異が大きかったと考えられる。

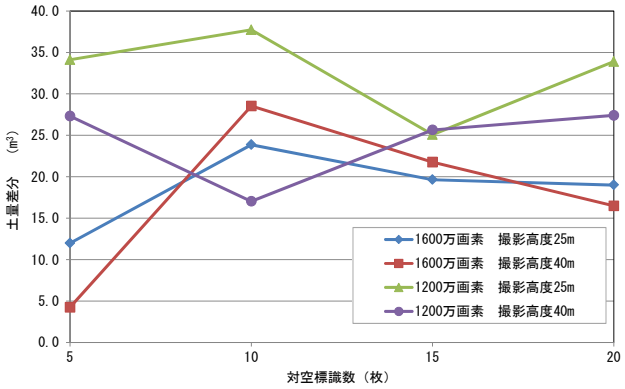

図 2　対空標識の枚数と土量差

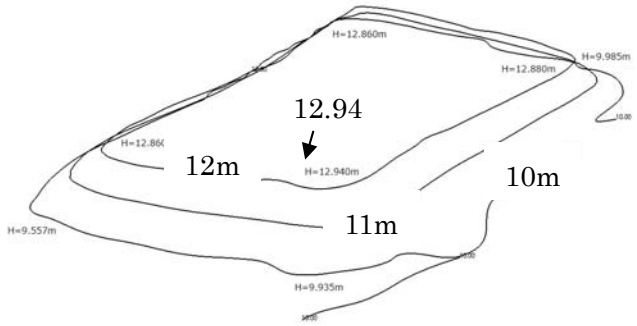

図 3　計測範囲の標高

4．おわりに

撮影範囲約 800m²、標高差約 3m の土量算定では、対空標識を撮影地点の外周と中央に設置することで、VRS による土量算定と 2～3%の差異で土量を算定できるが、より広範囲の土量を算定する場合には、法面の起伏や四隅の形状だけでなく、植生の影響にも留意して、対空標識を配置する必要がある。

謝辞

本研究は土木学会関東支部茨城会による産官学連携 ICT 活用研究として、水戸市教育委員会ならびに(一財)茨城県建設技術管理センターのご協力を得て実施した。また、執筆にあたり日本大学生産工学部の朝香智仁専任講師にはお力添えを賜りました。関係者の皆様へ、敬意を表すると共に深く感謝の意を表します。

参考文献

1)　高木方隆：国土をはかる技術の基礎　日本測量協会　2012 年

2)　近藤弘嗣：ICT 土工の普及に向けた課題について　建設マネジメント技術　P13-18　2017 年