

- 新型コロナウイルス感染症対策を契機に、ロボット技術等を活用したAI、IoTをはじめとする新技術を試行することで建設現場の3密対策を実施しつつ省人化を図り、生産性を向上させる技術の開発。

【建設現場における無人化・省人化技術の開発・導入】

対象技術 I : 人協働型のロボットによる現場内運搬の省人化技術

建設現場において、少子高齢化に伴う作業員不足や作業員の高齢化が課題となっています。

一方、建設現場特有の条件(凸凹や斜面等)により機械化が進まず、資機材運搬を人力に頼っている場面が多い。これら、作業員の苦渋性解消や省力化を目的に、作業員の後を追従し資機材の運搬やあらかじめ設定されたルートにおいて運搬機械の自律運転が可能なロボット技術。

- 不整地な建設現場では複数の作業員により資機材の子運搬を実施
- 作業員の後を追従し資機材を運搬するロボットを導入することで密接した作業を回避。

技術のイメージ



建設現場の子運搬作業



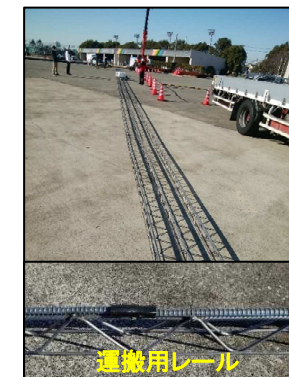
資機材を牽引するロボット



階段を昇降するロボット

■技術シーズ概要

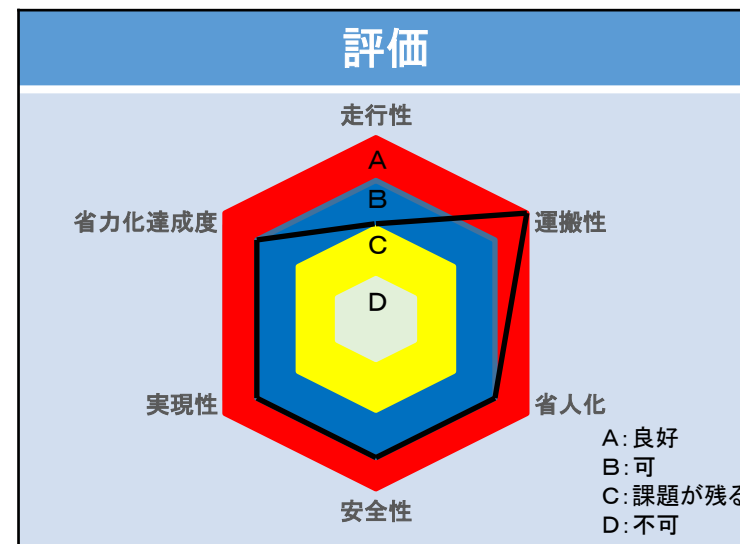
- スラブ及び床版といった平面構造物の配筋された鉄筋上での人力または道具を用いた運搬作業の省人化技術
- 道路や橋などの延長が長いスラブ・床版上での運搬に関わる人の歩行距離を80%以上削減。



技術名	鉄筋上という運搬が困難な領域での専用運搬ロボットの開発と活用【建ロボテック株】
ニーズ概要	<p>作業員の苦渋性解消や省力化を目的に、作業員の後を追従し資機材の運搬やあらかじめ設定されルートにおいて運搬機械の自律運転が可能なロボット技術。</p>
技術概要	<p>市販された自動鉄筋結束ロボット「トモロボ」を運搬作業用に改良 鉄筋D13 5.5m 90本(492kg)を運搬可能な運搬ロボット(本体、台車) 運搬作業に特化した安全制御 コンクリート舗装鉄筋用スペーサを運搬レール用に改良</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p>脱線時停止センサー</p> <p>運搬ロボット全景(全長約7m)</p> <p>接触センサー</p>
試行状況	<div style="display: flex; justify-content: space-between;">    </div> <p>①鉄筋492kg運搬状況</p> <p>②1%勾配運搬状況</p> <p>③障害物センサー作動状況</p>

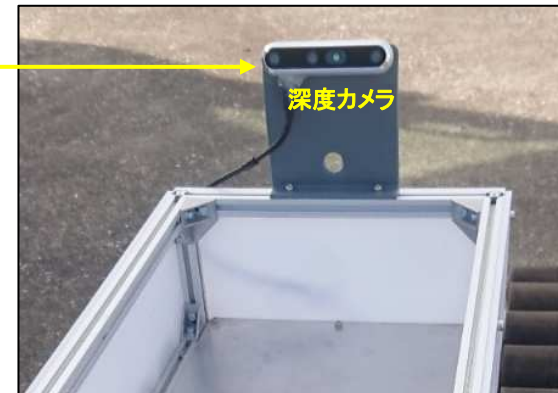
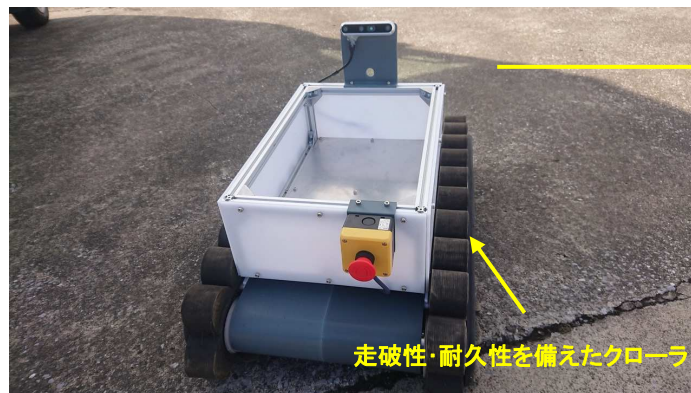
評価項目	評価内容	評価
走行性	・平坦なコンクリート上に運搬専用のレールを設置し、約500kgの重量物を運搬が可能。また、1%勾配の傾斜を走行可能。 ・設置地盤上に段差や不陸があるとレールとの継ぎ目に段差が生じる為、調整が必要。	C
運搬性	・鉄筋D13 5.5mを90本(492kg)の運搬できる。	A
省人化	・走行スイッチによる操作でレール上を前後に単純走行可能。停止は、スイッチ操作またはレール端部で自動停止。 ・人への追従機能は有していない。	B
安全性	・運搬ロボット前後に設置した接触センサーで人・物問わず障害を検知して停止。検知後、障害物が取り除かれると5秒後運転開始。最後尾の台車は、脱線時に停止。 ・側面の接触センサーの脱線時センサーはなし。	B
実現性	・運搬台車は、実装化された鉄筋結束ロボットをベースとしており、レールは鉄筋を組み合わせているため、耐久性がある。	B
省力化達成度	・工事現場において、運搬距離50m、2,000kgの鉄筋運搬を想定すると、本運搬ロボットの活用により、作業人工として約28%の省力化。	B

技術の成立性	・鉄筋492kgを安全に運搬出来ることを確認
実用化	・荷重を受ける台車や車輪の耐久性は、今後検討が必要であるが、実用化は可能な技術
活用効果	・運搬性について良好な効果が得られる。
生産性	・人が鉄筋を担いで運搬という重労働を軽減できるため、生産性の向上につながる。
将来性	・運搬距離が長く、施工箇所近辺にクレーンを配置出来ない現場に適用することで、省力化が期待される。



■技術シーズ概要

- 「建設現場で想定される不整地や段差を乗り越える走破性」「重量物の積載・悪路走行という負荷の高い動作をしても破損しない耐久性」を両立したクローラ
- 深度カメラを用い、作業員との距離と方向を計測し、作業員との一定の距離かつ作業員の真後ろという条件になるように制御する追従機能。



現場試行結果：不整地や狭所、段差を乗り越えるやわらかいクローラを活用した運搬ロボット
 国土交通省
 搬ロボット

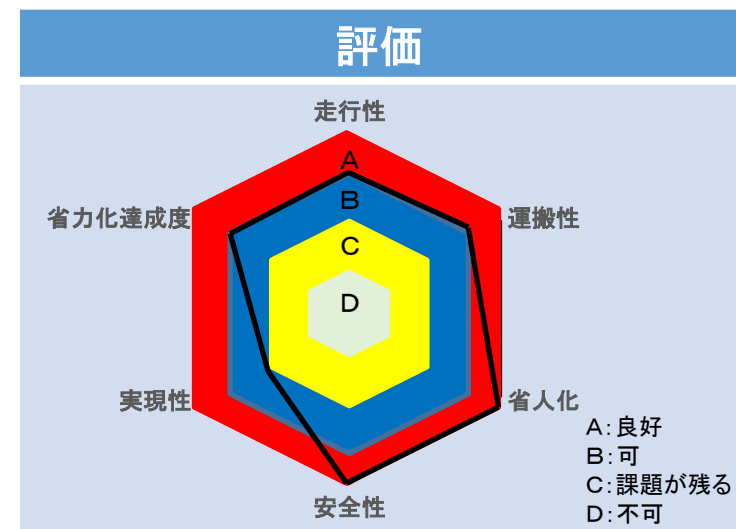
<p>技術名</p>	<p>不整地や狭所、段差を乗り越えるやわらかいクローラを活用した運搬ロボットの開発と活用 【(株)SoftRoid】</p>
<p>ニーズ概要</p>	<p>作業員の苦渋性解消や省力化を目的に、作業員の後を追従し資機材の運搬やあらかじめ設定されたルートにおいて運搬機械の自律運転が可能なロボット技術。</p>
<p>技術概要</p>	<p>建設現場で想定される不整地や狭所、段差等の環境(道幅160cm、段差高さ10cm)で走行する運搬ロボット。作業員の1.5倍の運搬能力を持つロボットを達成するために、積載重量30kgを運搬可能。作業員の後を1台以上の運搬ロボットが追従走行。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div>
<p>試行状況</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>①40kgの積載</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>②作業員に追従</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>③人を検知して停止</p> </div> </div>

現場試行結果：不整地や狭所、段差を乗り越えるやわらかいクローラを活用した運搬ロボット



評価項目	評価内容	評価
走行性	<ul style="list-style-type: none"> ・40kgの重量物を積載して、15cmの段差や階段状の段差、20%程度の勾配を走行可能。また、横方向の段差にも対応。 ・雨天時の走行を考慮していないため、防塵・防滴の対策が必要。 	B
運搬性	<ul style="list-style-type: none"> ・30kgの運搬を目標としていたが、40kgまで運搬できることを確認。ただし、段差乗り越え時の荷崩れ防止対策が必要。 	B
省人化	<ul style="list-style-type: none"> ・作業員の歩行に合わせて追従走行可能。 ・追従走行は最大9m、画角は±43°の範囲で追従。 	A
安全性	<ul style="list-style-type: none"> ・人が複数いる場合は、最も近距離の人を検知し運搬ロボットとの距離を確保。 ・作業員が停止すると30cmの範囲で停止。(障害物の検知機能は装備されていない。) 	A
実現性	<ul style="list-style-type: none"> ・走行用クローラは、耐久性は今後検証していくことが必要。 ・走行性能は、作業員をスムーズに追従しながら重量物の運搬を行い、目標を達成。 ・土木現場への適応には、暗がりでの追従性の検証や防塵性、防滴性の追加などの対策が必要。 	C
省力化達成度	<ul style="list-style-type: none"> ・工事現場において、作業員1人が運搬できる重量を25kgとし、人と運搬ロボット(積載重量40kg)が協働しながらの運搬作業を想定すると、運搬ロボットの活用で約67%の省力化。 	B

技術の成立性	<ul style="list-style-type: none"> ・作業員の歩行に合わせて追従走行出来ることを確認
実用化	<ul style="list-style-type: none"> ・雨天時や暗がり・埃等の様々な土木の現場環境に適応出来る構造や耐久性を検証することで実用化可能な技術
活用効果	<ul style="list-style-type: none"> ・省人化、安全性に高い効果が得られる。
生産性	<ul style="list-style-type: none"> ・作業員2名分の重量を運搬出来る。
将来性	<ul style="list-style-type: none"> ・設定したルート上での運搬や現場巡回する機能等を装備すると適用範囲が広がる。



- 新型コロナウイルス感染症対策を契機に、ロボット技術等を活用したAI、IoTをはじめとする新技術を試行することで建設現場の3密対策を実施しつつ省人化を図り、生産性を向上させる技術の開発。

【建設現場における無人化・省人化技術の開発・導入】

対象技術Ⅱ：非衛星測位環境下におけるUAV計測及びAPIによる現場計測の省人化技術

地形測量や構造物周りの測定にUAVを用いる場合に、GNSS衛星の補足が困難な条件下(橋梁下や山間部等)で障害物を避けUAVを安全に自律飛行させ詳細な画像を取得し、画像から施工に必要な3次元モデルを生成することで施工管理に必要な現地計測を大幅に削減、またデータは公開されたAPIからクラウド上のアプリケーションを利用して共有する技術

- 橋梁下や山間部などでは、GNSS衛星の捕捉が困難で、安全に飛行させるためUAVの操作を目視等により実施
- 非衛星下によるUAV飛行技術を活用することで、目視による計測を自動化
- 取得したデータはAPIを通じデータを提供

技術のイメージ



橋梁下における無人計測



衛星捕捉が困難な山間部の活用



■ 技術概要

- UAV本体上下の魚眼カメラで周辺空間を認識し、非GPS環境下でも障害物を自動回避
- 建設現場での画像を取得し、3DWebアプリに連携することで短時間で点群データを生成し、クラウドで各種データ共有。



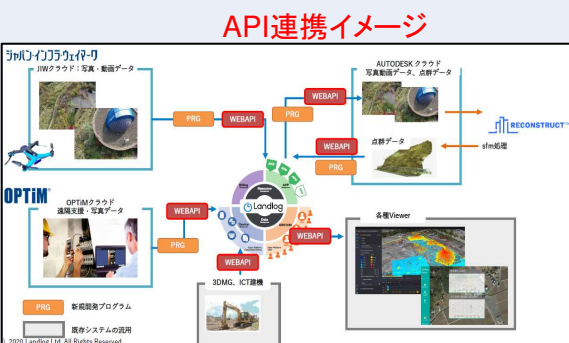
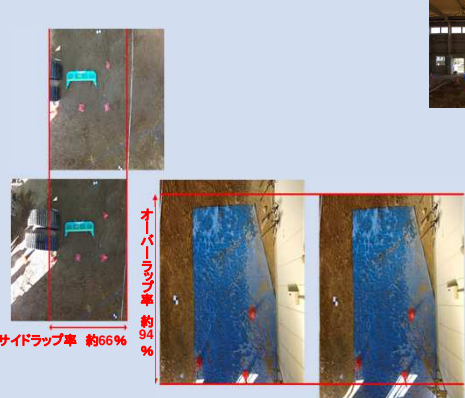
自律飛行UAV

【凡例】 魚眼カメラ



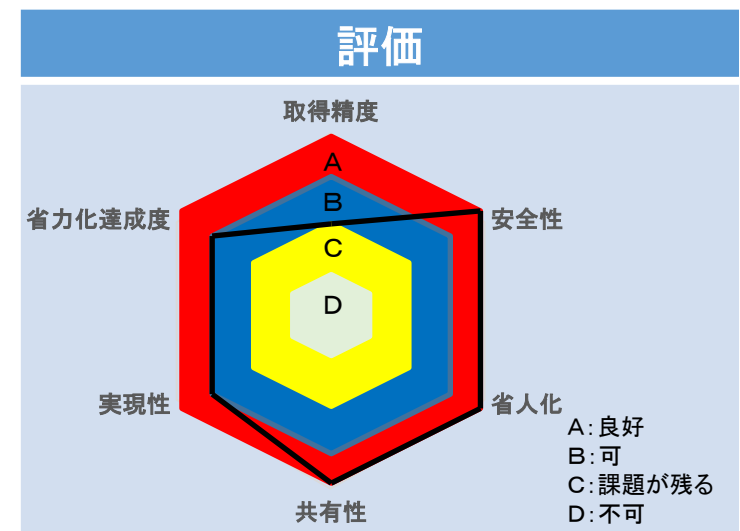
障害物を自動回避するUAVから見た画像



<p>技術名</p>	<p>非衛星測位環境下でのUAV画像とWebAPIを通じたクラウドプラットフォーム間連携による4D施工管理アプリ群【(株)ランドログ(コンソーシアム4者)】</p>
<p>ニーズ概要</p>	<p>GNSS衛星の補足が困難な条件下(橋梁下や山間部等)で障害物を避けUAVを安全に自律飛行させ詳細な画像を取得し、画像から施工に必要な3次元モデルを生成することで施工管理に必要な現地計測を大幅に削減、またデータは公開されたAPIからクラウド上のアプリケーションを利用して共有する技術</p>
<p>技術概要</p>	<p>UAV本体上下の魚眼カメラで周辺空間を認識し、非GPS環境下でも障害物を自動回避 建設現場での画像を取得し、3DWebアプリに連携することで短時間で点群データを生成し、クラウドで各種データ共有。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="488 614 1176 861">  <p>自律飛行UAV</p> </div> <div data-bbox="1400 566 1966 909">  <p>API連携イメージ</p> </div> </div> <p>【凡例】○ 魚眼カメラ</p> <p>①自律飛行UAV 本体上下の魚眼カメラで周辺空間を認識し、非GPS環境下でも障害物を自動回避</p> <p>②API 建設現場での画像を取得し、3DWebアプリに連携することで短時間で点群データを生成し、クラウドで各種データ共有。</p>
<p>試行状況</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="421 1061 884 1460">  <p>ラップ率の確認</p> <p>サイドラップ率 約66% オーバーラップ率 約94%</p> </div> <div data-bbox="840 1061 1433 1173">  <p>障害物を自動回避するUAVから見た映像</p> </div> <div data-bbox="1008 1252 1332 1460">  <p>撮影画像から点群生成</p> </div> </div> <div data-bbox="1467 1141 2027 1420">  <p>測量データをクラウドで処理し、データ共有</p> </div>

評価項目	評価内容	評価
取得精度	・オーバーラップ率80%以上、サイドラップ率60%以上であることを確認。x、y、zの各座標間較差は、x座標-45mm,y座標55mm, z座標60mmと出来形管理の測定精度を満たしていない。	C
安全性	・設定したルート上を障害物を回避しながら、抜けがなく点群を取得できることを確認。 ・魚眼カメラで360° 全周囲方向の障害物を検知でき、安全性が高い。	A
省力化	・UAVで取得した画像や動画をクラウドにアップすることで、ソフト上で自動的にsfm処理し、3次元点群モデル、3次元TINデータ、オルソ画像を生成することを確認。	A
共有性	・クラウド上でデータ処理する為、高性能PCや特定のソフトを使用せずに、各データをリアルタイムで共有化	A
実現性	・UAVIによる非衛星測位環境下での点群取得技術は、実用化された技術で、土木現場での取得データの精度検証の必要はあるが、十分に活用が期待できる。 ・クラウド上でのAPI連携については、製品化するにはデータ共有・活用のルール(アクセス権限、データ種別等)がないため、今後官民で検討していくことが必要。	B
省力化達成度	・これまで困難であった非衛星測位環境下でのUAV写真測量から3次元点群生成、数量計算までの作業が可能となっている。なお、クラウド活用に関する省力化対象として従来技術(TS)で可能な現場で実施した場合と比較し、約70%の省力化。	B

技術の成立性	・想定したルート上で、障害物を自動回避しながら、点群データを生成し、取得出来ること確認
実用化	・測定精度が、出来高管理基準を満たすためのカメラ調整が行えれば実用化可能な技術
活用効果	・安全性、省力化、共有性に高い効果が得られる。
生産性	・非衛星環境下での現場において、安全に作業を行え省力化及びデータの共有が出来る。
将来性	・実用化に向けて発注者、受注者がデータを共有・活用するルールやシステムをしていく必要がある。



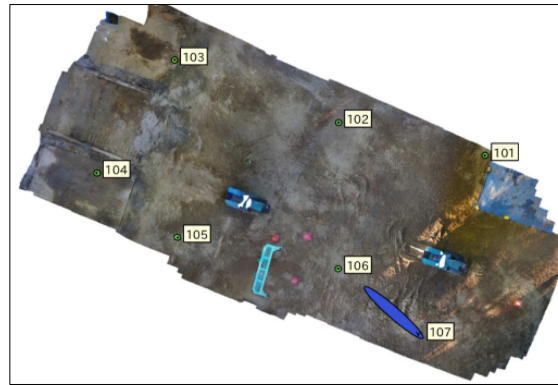
■技術概要

○Visual SLAM（自己位置推定）とUAVを統合する技術で衝突回避し自動運行計測するUAV

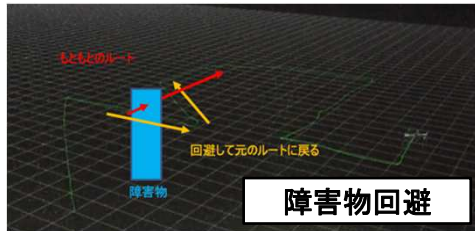
○各分野の企業（建機レンタル、測量メーカー等）がAPI連携によるデータのクラウド納品やダッシュボードのプロトタイプ。



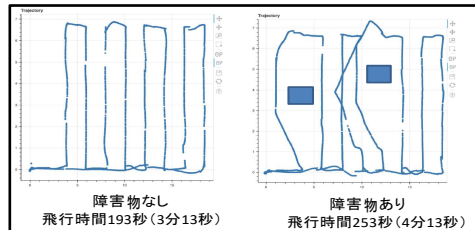
自律飛行UAV



精度確認(標高較差)



障害物回避

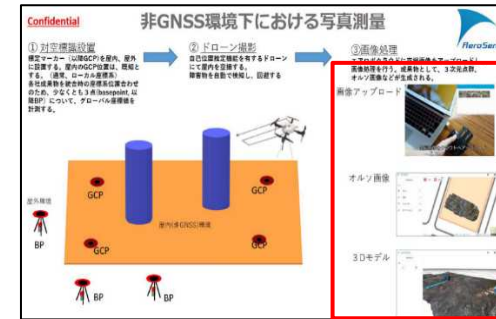


障害物なし
飛行時間193秒(3分13秒)

障害物あり
飛行時間253秒(4分13秒)



障害物あり点群生成



エアロクラウドにアップし、3Dモデル生成、オルソ画像生成



測量データをクラウドで処理し、データ共有

技術名	「UAV自動運行及び追突回避技術」と「計測データのクラウド連携技術」【(株)アクティオ（コンソーシアム10者）】
ニーズ概要	<p>GNSS衛星の補足が困難な条件下(橋梁下や山間部等)で障害物を避けUAVを安全に自律飛行させ詳細な画像を取得し、画像から施工に必要な3次元モデルを生成することで施工管理に必要な現地計測を大幅に削減、またデータは公開されたAPIからクラウド上のアプリケーションを利用して共有する技術</p>
技術概要	<p>Visual SLAM(自己位置推定)とUAVを統合する技術で衝突回避し自動運行計測するUAV 各分野の企業(建機レンタル、測量メーカー等)がAPI連携によるデータのクラウド納品やダッシュボードのプロトタイプ。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="627 518 940 790"> <p>カメラ 自律飛行UAV</p> </div> <div data-bbox="1209 502 2016 774"> <p>API連携イメージ</p> </div> </div> <p>①自律飛行UAV Visual SLAM(自己位置推定)とUAVを統合する技術で衝突回避し自動運行計測するUAV</p> <p>②API 各分野の企業(建機レンタル、測量メーカー等)がAPI連携によるデータのクラウド納品やダッシュボードのプロトタイプを検討開発。</p>
試行状況	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="470 981 750 1165"> <p>精度確認(標高較差)</p> </div> <div data-bbox="873 1037 1198 1292"> <p>障害物を回避し飛行するドローン</p> </div> <div data-bbox="1232 1013 1590 1236"> <p>非GNSS環境下における写真測量</p> </div> <div data-bbox="1601 1029 2038 1380"> <p>エアロボクラウドにアップし、3Dモデル生成、オルソ画像生成</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="459 1236 772 1428"> <p>障害物あり時の点群生成</p> </div> <div data-bbox="1377 1396 1915 1436"> <p>測量データをクラウドで処理し、データ共有</p> </div> </div>

評価項目	評価内容	評価
取得精度	<ul style="list-style-type: none"> ・オーバーラップ率80%以上、サイドラップ率60%以上で飛行計画をたて、詳細な画像を取得することが可能。 ・x、y、zの各座標間較差は、0～30mm程度、標高較差の平均値は2.4mmであり、出来形管理の測定精度を十分に満足。 	A
安全性	<ul style="list-style-type: none"> ・設定したルート上を障害物を回避しながら、抜けがなく点群を取得。 ・今回のUAVでは後方の障害物検知が実現できていないため、全方向への障害物検知対応や屋内環境では低照度環境も存在するため、障害物検知性能を高め、正確に測量・点検を行うために自己発光照明の搭載といった機能が必要。 ・障害物回避時には障害物との距離をより近くすることにより、抜けができる領域を最小化できるため、回避距離を最適化することにより、障害物のある現場でのデータ欠けを最小化することができる。 	C
省力化	<ul style="list-style-type: none"> ・UAVで取得した画像や動画をクラウドにアップすることで、ソフト上で自動的にsfm処理し、3次元点群モデル、3次元TINデータ、オルソ画像を生成することを確認。一部フィルタリングに関しては、人による作業が必要。 	B
共有性	<ul style="list-style-type: none"> ・クラウド上でデータ処理する為、高性能PCや特定のソフトを使用しなくても、各データをリアルタイムで共有化。 ・ユーザーは一つのユーザー名、パスワードで複数のソフトにログイン可能できる。 	A
実現性	<ul style="list-style-type: none"> ・障害物を前方方向のみを検出する機体であるため、全方向の検出実用化された技術で、土木現場での取得データの精度検証の必要はあるが、十分に活用が期待できる。 ・クラウド上でのAPI連携については、データ共有・活用のルール(アクセス権限、データ種別等)がないため、今後官民で検討していくことが必要。 	B
省力化達成度	<ul style="list-style-type: none"> ・これまで困難であった非衛星測位環境下でのUAV写真測量から3次元点群生成、数量計算までの作業が可能となっている。なお、クラウド活用に関する省力化対象として従来技術(TS)で可能な現場で実施した場合と比較し、約60%の省力化。 	B

技術の成立性	<ul style="list-style-type: none"> ・想定したルート上で、障害物を自動回避しながら、点群データを生成し、取得共有出来ること確認
実用化	<ul style="list-style-type: none"> ・後方の障害物を検知出来ないため、飛行安全性を高める必要があるが、実用可能な技術である。
活用効果	<ul style="list-style-type: none"> ・取得制度、共有性に高い効果が得られる。
生産性	<ul style="list-style-type: none"> ・非衛星環境下での現場において、安全に作業を行え省力化及びデータの共有が出来る。
将来性	<ul style="list-style-type: none"> ・実用化に向けて発注者、受注者がデータを共有・活用するルールやシステムをしていく必要がある。

