

「UAV 等を用いた砂防堰堤の自動巡回・画像取得技術の要求性能」に対するご意見とそれに対する考え方

別紙

今回の意見募集により9者の方々からご意見をいただきました。

No.	項目	意見	同一意見 件数	意見に対する考え方(案)
1	公募条件	今回の飛行試験を実施するにあたり、性能の異なる複数の機体を一つの技術として現地へ投入する方が良いと考えられる場合、別紙-3を異なる機体毎に提出して良いのでしょうか。	-	本試験では、機種毎にすべての試験を通して行うことを想定しています。性能の異なる複数の機体を用いる場合は、機体毎に別紙3を提出していただき、機種毎に一通り試験を実施していただくことを想定しています。機体は、1機種1機体とします。
2	事前調査票	画像自動判定機能は、衝突防止機能と同じ機能の事ではないでしょうか。衝突防止機能は SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) のことを示しているのでしょうか。	-	画像自動判定機能は、画像取得時にひび割れや漏水などを自動で認証する機能を想定し、衝突防止機能は、砂防堰堤などの障害物に対して事前に衝突を防止する機能を想定しているため、SLAM とは別の機能です。いただいた意見を踏まえて、画像自動判定機能については、撮影機器の記載事項に含め、記載事例を示すこととします。
3		画像自動判定機能は、取得画像から PC 等で処理する方法が多く、本体機能と別項目とする必要がある。	-	画像自動判定機能は、画像取得時にひび割れや漏水などを自動で認証する機能のことを想定しています。取得画像から PC 等でひび割れ等を判断する「画像処理機能」については、本試験では対象としませんが、参考情報として「様式-4 UAV等の機体・撮影機器の仕様に関する事前調査票」に含めるようにいたします。
4		レンズに (f:焦点距離) の記載を追加することで、画像解析能力の客観的な比較検討が可能である。	-	いただいた意見を踏まえて、焦点距離について撮影機器の記載項目に含めます。
5		UAV に搭載するカメラの積載を考慮して、限界積載重量を項目に追加したほうがよい。	-	いただいた意見を踏まえて、限界積載重量について UAV 機器本体の記載項目に含めます。
6		現場での移動を考慮して、収納ケースの外形寸法、重量、収納ケースに入れた状態での落下に対する耐久性を追加したほうがよい。	-	本試験では、UAV 等により、『砂防関係施設点検要領(案)』に則って、砂防堰堤の施設点検、変状状況の評価が可能となる画像を取得する技術の評価することを目的としています。このため、収納ケースに入れて移動を考慮した試験は、関連する別の試験項目として、今後の検討課題と考えます。
7		露出制御機能(日向、日陰部分と照度が異なる場合の映像)を項目に追加したほうがよい。	-	いただいた意見を踏まえて、露出制御機能を撮影機器の記載項目として含めます。
8		光学撮影カメラ、赤外線カメラ、LP 計測機器の3種類を想定したほうがよい。	-	いただいた意見を踏まえて、カメラの種類を例示し、記載いただくようにします。LP 計測機器については、撮影機器以外に砂防堰堤の変状を検出できる機器として様式-4に記載してください。
9		UAV 等を用いた砂防堰堤の自動巡回・画像取得技術は、飛行計画の標準化検討が重要で、飛行計画ソフトウェアと計画データの出力フォーマットも追加する必要がある。	-	いただいた意見を踏まえて、飛行計画ソフトウェアと計画データの出力フォーマットについて、記載項目に追加します。
10		事前調査票に、「資格の有無」「総飛行時間」「目視外総飛行時間」等、パイロットに関する項目を付加し、UAV の飛行に際して重要なパイロットの経験・能力について確認することを提案します。	2者	いただいた意見を踏まえて、パイロットの経験・能力について、参考として記載項目に含めます。
11	山間部での機体ロストは捜索が非常に困難であることから遭難救助用のビーコンシステムを搭載しておくことが非常に有効であると考えます。山間部での機体ロストによって機体を放置してしまうと搭載されたリチウムポリマーバッテリーのショートなどにより出火してしまう恐れが非常に大きくなります。以上の様な理由から機体運航時にビーコンの搭載は必須とすべきであると考えられます。	-	いただいた意見を踏まえて、ビーコンの搭載などについて、UAV 等に追加設置する機器という項目を追加します。	
12	飛行実施体制として、具体的に「〇〇について記述する」など示されたい。 一般的には操作者1名、画像ソフト関係技術者1名、安全監視員1名、全体総括・監督者1名などの作業内容と要員の数を書くこととなると思われませんが、何も説明が無いので提出者によって記述がバラバラになる懸念があります。	-	いただいた意見を踏まえて、飛行実施体制について例示し、実施体制の詳細を記載するようにします。	
13	試験工程	現場作業を同一日とするとありますが、各社の実施時間の違いにより日照が異なる可能性があります。雲がかかって日照が阻害されて画像が不明確になる可能性があります。外的条件の公平性をどこまで保つかという点はどの様に考えておられますか。	-	公平性を保つためには、同一条件で試験を実施する必要があります。しかし、安全に試験を実施するために、複数機を同時に飛行させることは、電波干渉などの影響から望ましくないと考えており、ある程度の試験実施条件の違いが生じることは仕方が無いと考えております。ただし、GNSS に活用可能な測位衛星の捕捉数や配置状況については事前に確認し、著しく条件が悪い状況時は実施しない等、同程度の試験条件となるよう、試験工程を検討するようにいたします。
14		試験飛行は、複数日にわたり複数の対象者が飛行することも想定されます。その場合、飛行時間帯の GNSS 衛星配置状況や日照の関係で、飛行の正確性や、把握できる変状(チョークの痕跡の変化等)が異なる可能性があり、公平性を保てない可能性があります。どう考えられますか？	-	
15	試験箇所	飛行に際し、法的準備を含め安全を確保するため、調査対象と範囲の詳細を示していただきたい。	-	実施範囲については事前に通知するとともに、飛行に際して注意すべき障害物についても事前に通知します。なお、平面図や構造図についても、試験方法に含めるようにします。
16		画像取得対象に以下の3項目を追加したほうがよい ・堤体の下流法を想定し、コンクリート面のクラック(長さも含む) ・石積砂防堰堤を想定し、石積表面の凹凸 ・堤体基礎部の洗掘状況	-	本試験では、UAV 等により、『砂防関係施設点検要領(案)』に則って、砂防堰堤の施設点検、変状状況の評価が可能となる画像を取得する技術の評価することまでを目的としているため、取得された画像から被写体の寸法を計測する技術については、今後の検討課題といたします。また、石積表面の凹凸、堤体基礎部の洗掘状況については、本試験では適当な箇所が無い対象外とし、今後の検討課題とします。
17		離発着可能な場所の選定については、場所を予め全社共通で指定しなければ、技術、特に計測時間に関する公平な評価とはならないと考えます。	-	いただいた意見を踏まえて、離発着場所については、範囲を指定し、その中から適切な離発着場所を選定いただくこととします。

No.	項目	意見	同一意見 件数	意見に対する考え方
18	試験箇所	撮影された画像について、被写体の寸法がわかるようなゲージに関する内容を記載したほうがよい。	-	本試験では、UAV 等により、『砂防関係施設点検要領（案）』に則って、砂防堰堤の施設点検、変状状況の評価が可能となる画像を取得する技術の評価することまでを目的としているため、取得された画像から被写体の寸法を計測する技術については、今後の検討課題といたします。
19		撮影機器は、測定する対象に求められる精度によって異なることから、何 mm のヒビを見分けたいかなど、基準となる目標値をご提示いただければと思います。	2 者	本試験では、UAV 等により、『砂防関係施設点検要領（案）』に則って、砂防堰堤の施設点検、変状状況の評価が可能となる画像を取得する技術の評価することを目的としているため、必要となる画像の精度については、『砂防関係施設点検要領（案）』の記載、例示を参考にさせていただきたいと思います。また、本試験では、基本性能把握試験において、テストピースを撮影することで、把握可能な変状の程度（例：何 mm のひび割れまで見分けられるか）を把握することを予定しております。
20		P13 に示された写真からは変状があるような構造物とは見受けられないのですが、本当に変状が認められる構造物なのでしょうか。「チョーク等の痕跡」のある位置は調査前に「概ね〇〇下流の〇〇区間のどこかにあります。」などおおよその位置の情報は当日知らされるのでしょうか。または、示されないのでしょうか。	-	対象とする砂防堰堤の対象範囲は事前に通知しますが、変状位置については事前に提示しません。対象範囲の延長は約 150m です。
21	試験方法	テストピースのクラックゲージは、1.4mm が 2 つ有る。砂防施設点検で使用するクラックスケールを考慮し、1.5mm と 2.0mm に変更することで、段階的な比較が可能になる。（変更が難しい場合は、クラックスケールの貼り付けも可）	-	いただいた意見を踏まえ、クラックのゲージを 0.2mm、0.5mm、1.0mm、1.5mm、2.0mm、3.0mm、5.0mm として試験を行います。
22		飛行試験に以下の試験を追加したほうがよい。 ・飛行の安定性を把握する試験（10m/s の風速での飛行及び画像の取得試験） ・自動航行下での障害物の検知、回避性能試験 ・遠隔操縦可能試験（遠距離（1000m 程度）での操縦可能性試験（自動航行も含む）） ・滞空時間距離試験（カメラ等を積載した状態での移動距離、滞空時間試験） ・送信機、GNSS 途絶状態からの離陸位置への帰還試験 ・撮影位置等情報の正確性試験	-	自動航行の実現のために必要な試験項目であると考えられるため、ご提案いただいた試験項目については、試験項目、試験方法を含めて今後の検討課題とします。
23		「障害物箇所の画像取得」について対象項目に挙げてはいかがでしょうか？ 鮎川砂防堰堤右岸袖部には樹木が繁茂し画像取得が困難な箇所が見受けられます。通常の施設点検でもよくあることであり、このような場合に配慮して予め実施対象にすることを提案します。	-	本試験では、樹木も繁茂した障害物箇所での画像取得も含めて実施します。
24		「全体形状把握試験」の項目を加えてはいかがでしょうか？ 対象物の全体変形の有無による健全性確認のための、構造物全体の高精度な全景撮影も必要と考えられます。	-	本試験では、UAV 等により、『砂防関係施設点検要領（案）』に則って、砂防堰堤の施設点検、変状状況の評価が可能となる画像を取得する技術の評価することまでを目的としているため、ご提案いただいた項目の構造物全体の高精度な全景撮影については、今後の検討課題とします。いただいた意見を踏まえ、本試験では、構造物の全景を把握するための全景画像の取得を実施するようにいたします。
25		砂防堰堤の施設点検の効率化には、固定翼型（VTOL 含む）による垂直を基本とした広域の自動巡回・画像取得と回転翼型による近接の自動巡回に分けた実施や目視点検での折り畳み可能な小型 UAV の活用（自動巡回を視野にした物）の検討、画像自動判定機能と経年変化の比較ビューア等の議論も必要である。	-	本試験では、UAV 等により、『砂防関係施設点検要領（案）』に則って、砂防堰堤の施設点検、変状状況の評価が可能となる画像を取得する技術の評価することまでを目的としています。しかし、スクリーニングのレベル（広域災害後の広域範囲の画像取得、通常点検時の近接範囲の画像取得、通常点検時に抽出された変状箇所の詳細点検等）に応じた活用方法についても考えられるため、今後の検討課題とします。
26	性能評価項目 （時間効率性）	評価項目に「時間効率性」があると、最低限の写真撮影のみが有利となり、UAV の特性を活かした将来的な自動化を検討するための有効な調査手法の試行の障害となる可能性がある。	-	いただいた意見を踏まえ、「時間効率性」は試験項目には含めず、参考情報として結果に反映することとします。
27		時間効率性は、短時間で準備することが良い評価となるが、効率性と安全性とはトレードオフの関係となることが懸念され、安全性についてはまったく評価の対象となっていない。また、短時間で飛行・撮影を実施するためのスペックの設定も必要である。	-	いただいた意見を踏まえ、安全性については、安全に飛行するための飛行前チェック項目を提示し、チェック項目をクリアした上で実施していただくこととします。また、参考情報として、その他リスク回避機能等、安全性を担保するための技術や取り組みについて自由記載欄へ記載いただくようにいたします。本試験では、UAV 等により、『砂防関係施設点検要領（案）』に則って、砂防堰堤の施設点検、変状状況の評価が可能となる画像を取得する技術の評価することまでを目的としており、短時間で飛行・撮影を実施するためのスペックの設定については今後の検討課題と考えます。
28		時間効率性は、UAV に関して「データの取得と画像データ解析時間」を、目視点検実施時に関して「現地への移動時間」を含むことで現実の調査時間の比較が可能である。	-	いただいた意見を踏まえ、本試験では、「時間効率性」は試験項目には含めず、情報を取得するための時間を参考情報として反映することとします。画像解析を含めた総合的な時間効率性については、今後の検討対象と考えます。
29	性能評価項目 （飛行経路の 正確性）	飛行経路の正確性を評価する場合、飛行ログからは評価できないと考える。評価する方法としては、例えば SfM 等による撮影位置の計算により評価する方法などが考えられる。また機材の違い（単独測位・RTK など）、計測時間帯の違い（DOP）なども考慮されるべきである。	-	飛行ログに加えて、客観的に飛行経路の正確性を評価する方法とします。詳細については、「別紙-1 UAV 等を用いた砂防堰堤の自動巡回・画像取得技術に関する試験方法」に記載します。
30		設定した飛行経路と、飛行ログによって、正確性を評価しようとしていますが、これでは正しく評価できないと思われる。飛行ログは、UAV 自身で計測した位置情報に基づき記録されていますが、その位置情報自体に GNSS の測定誤差もあり、誤差を生じています。その為、飛行ログからは誤差が小さくても、実際の位置情報から大きく外れることもあり得ます。飛行の軌跡は、UAV のログではなく、別の手段での計測が必要です。例えば、NEDO で実施したように、モーションキャプチャを利用し、飛行計画と比較すれば、正しい評価ができるものと思います。	-	飛行ログに加えて、客観的に飛行経路の正確性を評価する方法とします。詳細については、「別紙-1 UAV 等を用いた砂防堰堤の自動巡回・画像取得技術に関する試験方法」に記載します。

No.	項目	意見	同一意見 件数	意見に対する考え方
31	結果の評価	目視点検の場合、クラックの幅を直接クラックスケール等で計測しているが、UAV の場合、撮影画像（二次元）からの計測は難しいため、必然的に SfM (Structure from Motion) での三次元データによる正射投影画像（オルソ画像）等が必要になると想定される。誤差の許容度や、変状変動をどう評価するか検討が必要である。	-	本試験では、UAV 等により、『砂防関係施設点検要領（案）』に則って、砂防堰堤の施設点検、変状状況の評価が可能となる画像を取得する技術の評価することを目的に実施します。また、三次元化データの作成を想定した試験を実施します。 変状箇所の定量的な計測として、画像取得時にリアルタイムで計測可能となる技術がある場合、参考情報として併せて報告していただきたく思います。 取得画像から PC 等でひび割れの幅を計測する等の「画像処理機能」については、本試験では対象としませんが、上記機能について利用しているソフトウェア等がある場合、参考情報として「様式-4 UAV 等の機体・撮影機器の仕様に関する事前調査票」に記載いただくようにいたします。
32		試験結果の評価等について：画像データの枚数と量も報告項目に追加することで、今後予想される大量の画像データによる判読評価担当者への負担と判読手法の改善についても議論が可能になる。	-	画像データの枚数と量も報告項目として含めることとします。
33		「把握した変状箇所を図面上に示す」とありますが、これを実現するためには、弊社のような UAV 開発者は、コンサル企業と協業する必要があります。 また、どれを変状として抽出するかは、点検士によって基準が異なることが想定されます。抽出した変状が、目視点検で抽出した変状と比較され、評価されることから、写真品質そのものではなく、点検士の判断・技量により、評価結果が異なることも想定できます。 別紙-2 において、公正な評価をするためには、評価基準となる目視点検を行った点検士が、ご自分で抽出した変状が、被評価 UAV の点検写真に良質に撮影されているかどうかを判別した方が良いと思われれます。	-	「把握した変状箇所を図面上に示す」のではなく、「撮影した範囲を図面上に示す」とします。
34	その他	安全に飛行させるためには GNSS 衛星の捕捉が必要であるが、特に狭隘な山間部（特に河床付近）では GNSS 衛星の捕捉が困難であり、飛行が不安定となる。	3 者	GNSS に依存しない自動巡回・画像取得技術については、今後の検討課題と考えます。
35		現在の自動航行は UAV 自体による自立飛行ではなく GNSS の捕捉データに依存している。またビジョンシステムなどは高度が 10m 程度までしか機能しないため、山間部にて GNSS 情報をロストしてしまった場合 UAV は ATTI モードに自動的に移行してしまう。GNSS を補足していないと RTH（自動帰還）も機能しないため ATTI モードでの操縦に慣れていないと制御が難しくなり墜落の原因となる。機体の性能に頼らず飛行できる訓練を十分に積むことが重要であると考えます。	-	機体の性能に頼らず UAV 等を飛行できる訓練は必要であると考えています。
36		砂防堰堤のある場所は、乱流が吹き荒れていることも想定されます。そういう環境条件に対応できたり、点検対象物にどれだけ近接できるかの UAV 性能によって、点検時の写真品質が大きく異なります。そういう観点から、簡易点検/簡易機体と精密点検/高性能機体など、用途や UAV の性能に応じて評価できる仕組みの導入もご検討いただければと思います。	-	本試験では、UAV 等により、『砂防関係施設点検要領（案）』に則って、砂防堰堤の施設点検、変状状況の評価が可能となる画像を取得する技術の評価することまでを目的としています。 しかし、スクリーニングのレベル（広域災害後の広域範囲の画像取得、通常点検時の近接範囲の画像取得、通常点検時に抽出された変状箇所の詳細点検等）に応じた活用方法についても考えられるため、今後の検討課題と考えます。
37	多くの砂防堰堤は、山間部にあるため、索道や電線等の地図に無い空中の障害物により、UAV 墜落の可能性があり、自動巡回時の回避手法の検討も必要である。	-	ご提案いただいた項目については、今後の検討課題と考えます。	
38	無人航空機を利用した画像取得は、現時点でも人的な業務に比べると人件費等のコストの低減と時間の短縮、生産性の向上を確認できており、国土交通省が掲げている ICT の推進と、年々人材不足となる公共及び民間工事の業務効率化に貢献でき、役に立てる業務遂行の手法であると考えており、弊社も研究を行っている。	-	本試験では、砂防特有の環境下における安全かつ効率的な砂防施設等の点検を実現することを目的に、UAV 等により、『砂防関係施設点検要領（案）』に則って、砂防堰堤の施設点検、変状状況の評価が可能となる画像を取得する技術の構築を目標としています。	
39	SfM(structure from motion)という技術を用いることで写真から点群を生成することができます。これによって撮影箇所全体を 3 次元的に可視化することができ、現況確認や変状箇所確認といった作業を明瞭に実施することが可能になります。また、地上測量作業を行いその結果と合わせることで、距離・面積・体積といった値の算出も可能となり、施工や設計データ等にも活用させることができます。本試験においては、自動航行を実施する際の写真を活用して飛行範囲全体の 3D データを生成できればと考えております。	-	本試験では、UAV 等により、『砂防関係施設点検要領（案）』に則って、砂防堰堤の施設点検、変状状況の評価が可能となる画像を取得する技術の評価することを目的に実施します。また、三次元化データの作成を想定した試験を実施します。 取得画像から PC 等でひび割れの幅を計測する等の「画像処理機能」については、本試験では対象としませんが、上記機能について利用しているソフトウェア等がある場合、参考情報として「様式-4 UAV 等の機体・撮影機器の仕様に関する事前調査票」に記載いただくようにいたします。三次元化データの作成については今後の課題と考えます。	
40	本格的に、UAV による安全で効率的な砂防堰堤点検を実現するためには、技術開発が必要です。そして、企業としては、この技術開発に見合う事業性が必要です。UAV による砂防堰堤点検に、どの程度の事業可能性があるのか、ご提示いただくと助かります。例えば、各砂防事務所に UAV 配備される、UAV 点検に補助金が適用される等。	-	本試験は、砂防特有の環境下における安全かつ効率的な砂防施設等の点検を実現することを目的に行っており、今後、『砂防関係施設点検要領（案）』を改定し、現在の徒歩、目視による点検方法に UAV 等による方法を加えることを目指しています。 技術の活用という点では、本技術が構築された場合、広く活用されるものと考えています。	