

【類型7 株式会社パスコ】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の概要】

対象業務（法令）	火薬類取締法施行規則第44条及び第44条の5の検査方法に従って行う火薬類関連施設の土堤等の完成検査・保安検査
実証の全体像	<p>対象法令での現状の検査手法： 火薬類取締法では、火薬類関連施設の土堤等の完成検査・保安検査（定期検査）で、既定の保安距離及び保管間隔を満たしているか巻尺や測定器具により目視等で検査する。</p> <p>実証の全体像： 本実証では、人工衛星画像で保安物件等がどのように見えるかを確認し、確認できた形状の地図化を行い、火薬類関連施設との距離を計測し、どういった人工衛星画像が最適化を実証する。また、火薬類関連施設周辺の土堤の変状をモニタリングするセンサを設置しどの程度の変状が検知できるかを実証する。具体的には以下のとおり2つの実証を行う。</p> <p>①人工衛星画像を用いた実証 本実証では、現在、目視等のアナログ的な手法にて行われている保安検査に対して、人工衛星画像を活用することで、リモートでの距離計測や定期的な確認を実現できることを検証した。</p> <p>②IoTインフラ遠隔監視システムによる実証 本実証では、現在、火薬類取締法施行規則第44条第2項（完成検査の方法）別表第二第16項（土堤の基準）及び第17項（簡易土堤の基準）、並びに第44条の5第2項（保安検査の方法）別表第四第16項（土堤の基準）及び第17項（簡易土堤の基準）にて運用されている、危険工室等を囲む土堤管理業務に対して、IoTインフラ遠隔監視システムを活用することで、法令に定める土堤を常時監視し、崩壊等の異常発生により土堤の基準を逸脱する場合のリアルタイム検知が実現できる可能性について検証した。</p>

【類型7 株式会社パスコ】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の概要】

実証の全体像

実証で目指す目標：

① 人工衛星画像を用いた実証

- 衛星画像の定期的な観測と、土地利用情報を持った地図データ等を用いた解析により、保安距離及び保安間隔が適切に確保されているかを判断し、法令に定められた検査を代替可能であることの実証を行う。これにより危険を伴う施設への接近や定期検査の作業工数を減らすことができる。
- 具体的には、火薬類関連施設の地域を選定、衛星画像・地図情報の整理（位置精度等）。危険工室等及び保安物件の地図（GIS）データを作成し、衛星画像による危険工室等及び既存保安物件の視認性、保安距離・保安間隔の計測及び精度の検証を行い、代替可能性を整理する。

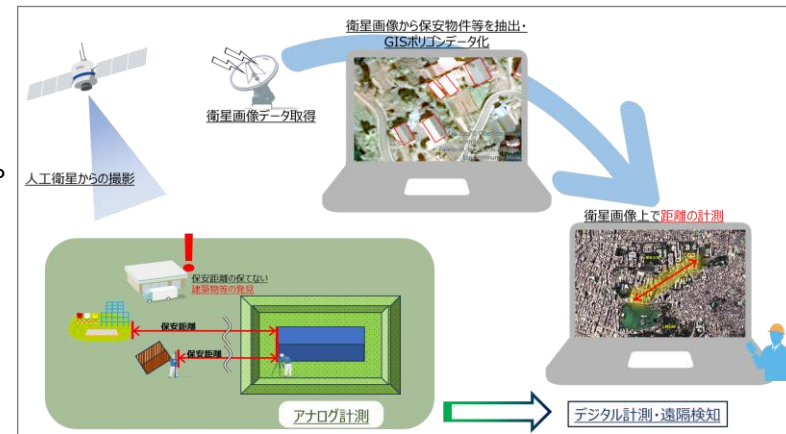


図1 人工衛星を用いた実証の全体像

② IoTインフラ遠隔監視システムによる実証

- IoTセンサー（Infra Eye※）を活用し土堤の常時監視による変状の早期発見により、定期確認の省力化と安全性を高める。
- IoT機器の設置位置・設置間隔の手法を検討・確立し、検知可能な変状の種類の確認、計測された値の精度と適用効果を整理する。

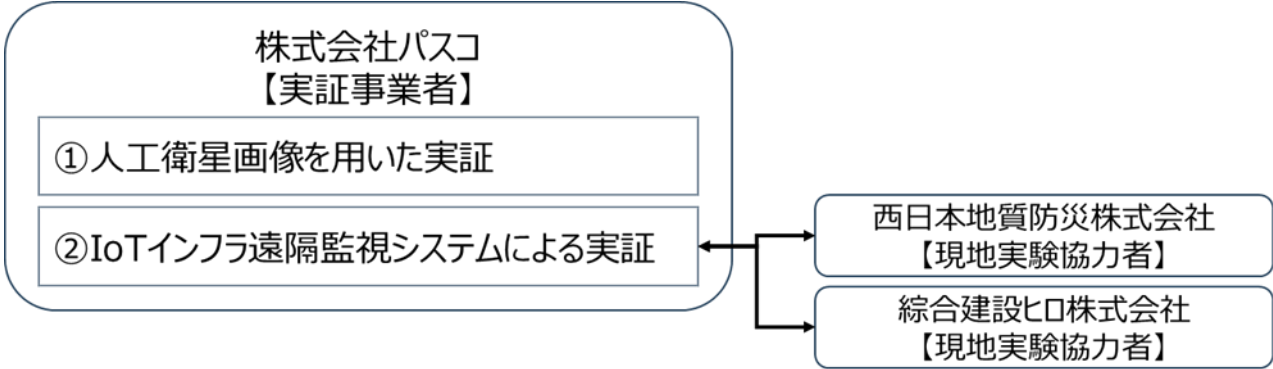
※Infra Eyeは株式会社パスコが開発し、商標登録された製品・サービスである。初期設定では10分ごとに計測を実施し、24時間毎に計測データを無線送信する。あらかじめ設定したしきい値または機器の計測限界である±20mmを超えた場合、アラームメールを発信する。本製品・サービスは、国及び地方公共団体が管理する道路橋に社会実装されており、国土交通省「点検支援技術性能カタログ（BR030050-V0023）」、及び「NETIS新技術登録KT-230317」に登録されている。



図2 IoTインフラ遠隔監視システムによる実証の全体像

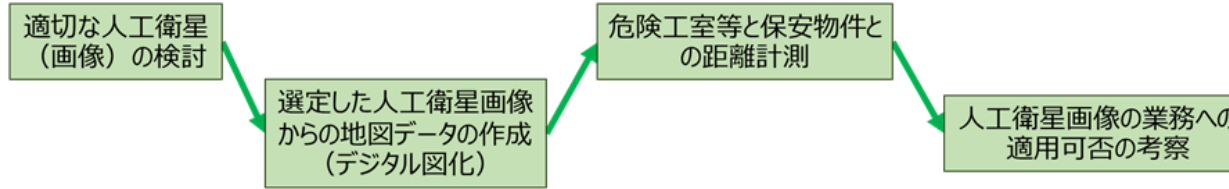
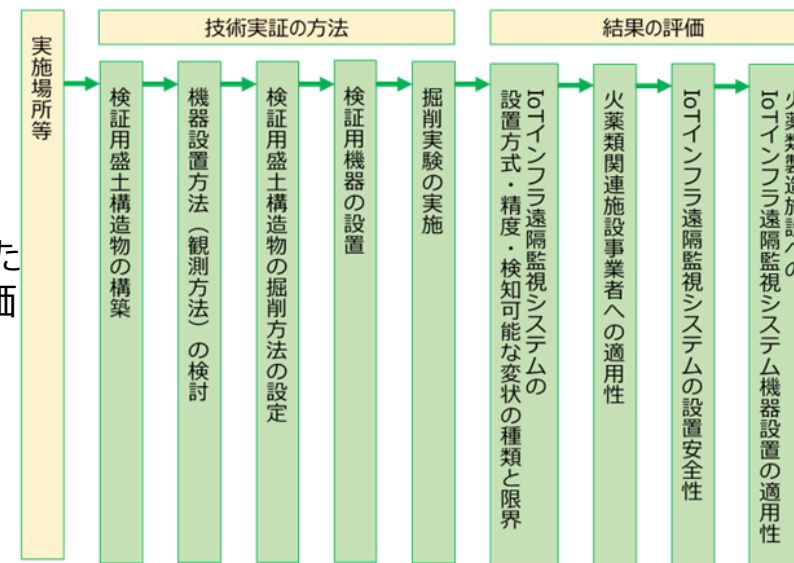
【類型7 株式会社パスコ】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の概要】

対象業務（法令）	火薬類取締法施行規則第44条及び第44条の5の検査方法に従って行う火薬類関連施設の土堤等の完成検査・保安検査								
実施体制	<table border="1" data-bbox="519 422 1760 651"><thead><tr><th>事業者名</th><th>実施業務・役割</th></tr></thead><tbody><tr><td>株式会社パスコ（実証事業者）</td><td>技術実証の実施、評価、報告書とりまとめ</td></tr><tr><td>西日本地質防災株式会社（現地実験協力者）</td><td>伸縮計の設置</td></tr><tr><td>総合建設ヒロ株式会社（現地実験協力者）</td><td>盛土構造物の構築及び掘削作業</td></tr></tbody></table>  <pre>graph LR; A[株式会社パスコ【実証事業者】] --- B[①人工衛星画像を用いた実証]; A --- C[②IoTインフラ遠隔監視システムによる実証]; D[西日本地質防災株式会社【現地実験協力者】] --> C; E[総合建設ヒロ株式会社【現地実験協力者】] --> C;</pre>	事業者名	実施業務・役割	株式会社パスコ（実証事業者）	技術実証の実施、評価、報告書とりまとめ	西日本地質防災株式会社（現地実験協力者）	伸縮計の設置	総合建設ヒロ株式会社（現地実験協力者）	盛土構造物の構築及び掘削作業
事業者名	実施業務・役割								
株式会社パスコ（実証事業者）	技術実証の実施、評価、報告書とりまとめ								
西日本地質防災株式会社（現地実験協力者）	伸縮計の設置								
総合建設ヒロ株式会社（現地実験協力者）	盛土構造物の構築及び掘削作業								
実施期間	令和5年11月24日（金）～ 令和6年2月29日（木）								

【類型7 株式会社パスコ】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の詳細】

技術実証の方法	技術実証項目	実証内容
	人工衛星画像を用いた実証	<p>火薬類関連施設の完成検査・保安検査では、危険工室等と保安物件との距離を計測することが定められている。保安検査は1回/年のため、人工衛星で取得する画像によってこの検査を代替しようとする場合、人工衛星による観測機会が少なくとも年に1回以上は実施されなくてはならない。これを踏まえて（1）適切な人工衛星（画像）を検討し、（2）選定した画像からの図化、（3）距離の計測、（4）計測結果と適用の可否を実証した。</p>  <pre> graph TD A[適切な人工衛星(画像)の検討] --> B[選定した人工衛星画像からの地図データの作成(デジタル図化)] B --> C[危険工室等と保安物件との距離計測] C --> D[人工衛星画像の業務への適用可否の考察] </pre> <p>図3 人工衛星画像を用いた実証の流れ</p>
	IoTインフラ遠隔監視システムによる実証	<p>実証フィールドの選定を行い、現地にて危険工室等を囲む土堤を模した盛土構造物の構築を行った。その後、機器設置方法の検討結果から、複数の手法で盛土掘削実験を行い、その際の計測結果を得た。「日本火薬工業会」の参加団体への視察（ヒアリング）や、無線通信機器であるIoTインフラ遠隔監視システム（Infra Eye）の安全性評価を行った。実証実験の結果と机上調査の結果を総合的に評価し、実際の土堤への実用可能性の考察を行った。</p>  <pre> graph LR subgraph 実施場所等 A[検証用盛土構造物の構築] end subgraph 技術実証の方法 B[機器設置方法(観測方法)の検討] C[検証用盛土構造物の掘削方法の設定] D[検証用機器の設置] E[掘削実験の実施] end subgraph 結果の評価 F["IoTインフラ遠隔監視システムの設置方式・精度・検知可能な変状の種類と限界"] G[火薬類関連施設事業者への適用性] H["IoTインフラ遠隔監視システムの設置安全性"] I["火薬類製造施設へのIoTインフラ遠隔監視システム機器設置の適用性"] end A --> B B --> C C --> D D --> E E --> F F --> G G --> H H --> I </pre> <p>図4 IoTインフラ遠隔監視システムによる実証のフロー</p>

【技術実証の詳細】

実証場所① 国内火薬類関連施設

【人工衛星画像を用いた実証】

- 対象地域 SPOT衛星による2時期の比較 (©AIRBUS DS)

本実証に協力いただいた火薬類関連施設に対して、対象地域の危険工室等及び保安物件の地図（GIS）データを作成した。衛星画像による危険工室等及び保安物件の視認性、保安距離・保安間隔の計測及び精度の検証を行い、代替可能性を整理した。



2022年10月撮影



2015年12月撮影

図5 対象地域を撮影した2時期のSPOT衛星画像

【技術実証の詳細】

実証場所② 熊本県阿蘇郡西原村河原団地

【IoTインフラ遠隔監視システムによる実証】

- 実証フィールドの周辺と盛土構造物の造成状況

実証フィールドは、実証実験を行う上で重機による適切な盛土や整形が可能な、熊本県阿蘇郡西原村河原団地とした。当該地点は原子力規制庁が発注する別業務において、トレンチの掘削作業を実施している現場であり、残土の発生があることから検証用盛土構造物を造成することが比較的容易な事、また、作業上の安全性、周辺への影響が少ない事を考慮して実証フィールドに選定した。



図6 実証フィールドの概観

【技術実証の詳細】

実施条件

【人工衛星画像を用いた実証】

- (1) 適切な人工衛星画像の選定における条件
年に1回以上、天候が良いタイミングで撮影された人工衛星画像上で対象地物を明瞭に観測できる人工衛星画像を選定すること
- (2) 選定した画像からの図化における条件
地図情報レベル5000から、地図情報レベル10000の縮尺を用いてデジタル図化することが可能になる高分解能衛星画像、中分解能衛星画像であること

【IoTインフラ遠隔監視システムによる実証】

- (1) 危険工室等を囲む土堤を模した盛土構造物の構築における条件
火薬類取締法施行規則等で規定される土堤の高さ、形状等を再現する盛土構造物であること

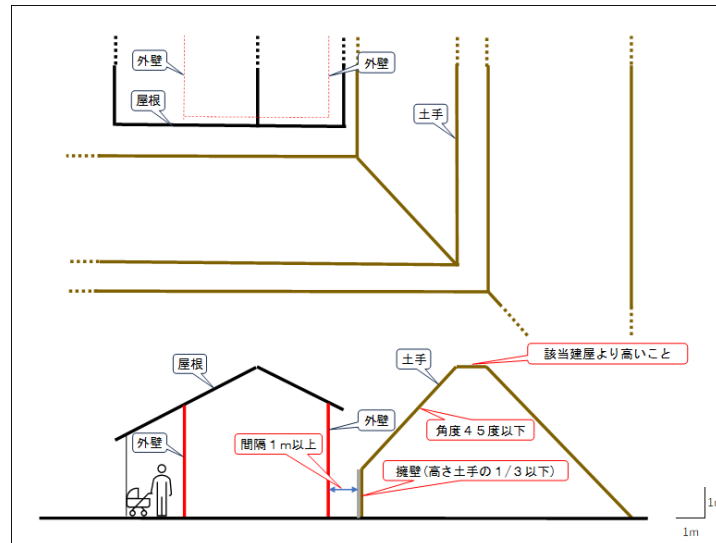


図7 危険工室と土堤のイメージ

【技術実証の結果】

結果の評価の観点

【人工衛星画像を用いた実証】

衛星画像解析技術を活用し、危険工室等の保安間隔及び保安物件の保安距離に対する目視検査・測定検査が代替できるか否か

【IoTインフラ遠隔監視システムによる実証】

IoTインフラ遠隔監視技術を活用し、危険工室等を囲む土堤について、火薬類取締法施行規則等に定められた高さ、形状等が保持できなくなるような変状を捉えることで、土堤の目視点検、巡回を代替できるか否か

【技術実証の結果】

結果の評価の ポイント・方法

■ 評価ポイント

【人工衛星画像を用いた実証】

- (1)衛星画像による危険工室等及び既存保安物件の視認性
- (2)保安距離・保安間隔の計測及び計測に利用できる衛星画像の解像度

【IoTインフラ遠隔監視システムによる実証】

- (1)IoTインフラ遠隔監視システムの設置方式・精度・検知可能な変状の種類と限界
- (2)火薬類関連施設事業者への適用性
- (3)IoTインフラ遠隔監視システムの設置安全性
- (4)火薬類製造施設へのIoTインフラ遠隔監視システム機器設置の適用性

■ 評価方法

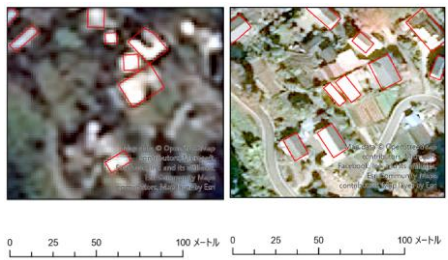
【人工衛星画像を用いた実証】

- (1)衛星画像から得られる建築物の位置精度と、図化できる建物の正確さを評価。衛星画像上の保安物件の形状などの視認可否を評価。衛星画像から実際に図化できるか否かを評価
- (2)距離500m圏をGISのバッファ機能で自動算出することにより計測できることを評価
GIS上で保安距離・保安間隔を手動で計測できることを評価
低解像度の画像が利用できるか否かを評価

【IoTインフラ遠隔監視システムによる実証】

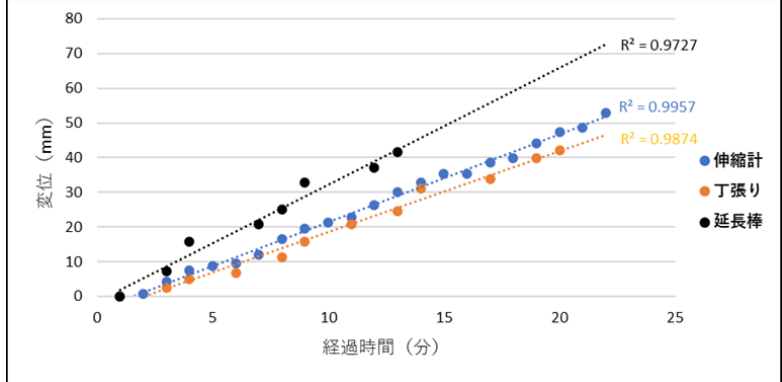
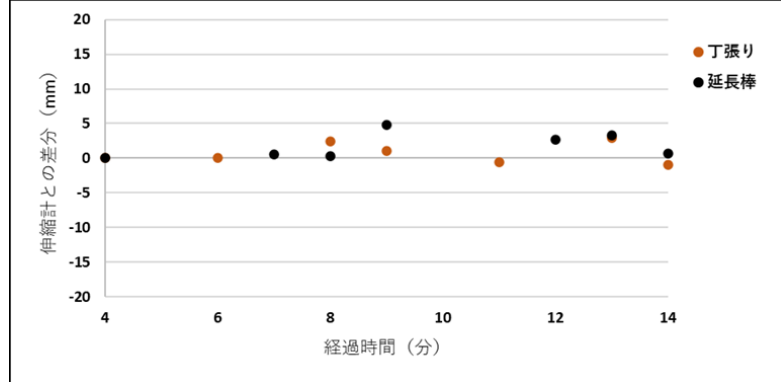
- (1)実験1、実験2にて取得した結果を取りまとめ、分析
- (2)「日本火薬工業会」の参加団体へ、実際の土堤でのIoTインフラ遠隔監視システム活用の可能性や関係法令に関するヒアリングを実施
- (3)文献調査と、「日本火薬工業会」の参加団体へのヒアリングを実施
- (4)IoTインフラ遠隔監視システム機器設置の適用性について総合的な評価と実際の土堤適用に向けての考察を実施

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	人工衛星画像を用いた実証	<p>(1)拡大した衛星画像から保安物件を確認した結果、総じてPleiades衛星は保安物件の輪郭が明瞭であり、視認性が高いことを確認した。SPOT衛星は比較的にかさい建物は視認しづらいという結果が得られた。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図8 衛星画像上の保安物件（第一種保安物件 市街地の家屋） （←SPOT衛星 解像度1.5m →Pleiades衛星 解像度0.5m）</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図9 衛星画像上の保安物件（火薬類取扱所及び火気取扱所） （←SPOT衛星 解像度1.5m →Pleiades衛星 解像度0.5m）</p> </div> </div> <p>(2)保安対象境界GISのバッファ機能で算出・設定し、地図上に可視化できることを確認した。</p> <div style="text-align: center;">  <p>図10 SPOT衛星から得られた対象エリア全体の図化された建物データと500m保安距離範囲のイメージ</p> </div>

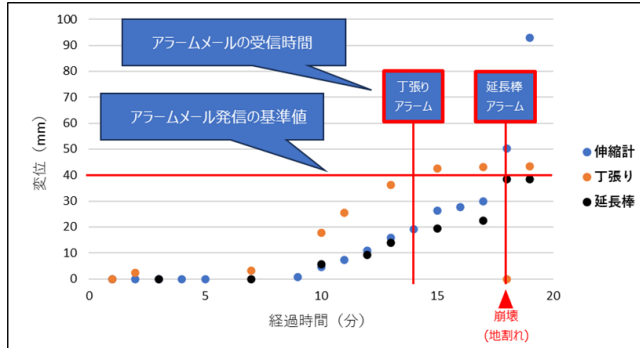

【類型7 株式会社パスコ】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果																																										
	IoTインフラ遠隔監視システムによる実証	<p data-bbox="879 321 2509 535">【実験1の結果（設置方式・精度の評価）】 ボードを人力で平行に約5mmずつ下に移動させる操作から、経過時間とともに、それぞれの方式による変位が増加していることが確認された。できる限り経過時間に比例したボードの移動を行い、すべての方式で直線的な変位を検出する結果となった。伸縮計と丁張り方式及び延長棒方式との変位の差分は、±5mm以下となっており、すべての方式で概ね同等の変位を検出する結果となった。</p> <div data-bbox="891 564 1668 942"><table border="1"><caption>Figure 1.1 Data (Approximate)</caption><thead><tr><th>経過時間 (分)</th><th>伸縮計 (mm)</th><th>丁張り (mm)</th><th>延長棒 (mm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>5</td><td>10</td><td>8</td><td>12</td></tr><tr><td>10</td><td>20</td><td>15</td><td>25</td></tr><tr><td>15</td><td>30</td><td>22</td><td>38</td></tr><tr><td>20</td><td>40</td><td>30</td><td>50</td></tr><tr><td>25</td><td>50</td><td>38</td><td>62</td></tr></tbody></table></div> <div data-bbox="1031 949 1503 985">図 1.1 3つの方式による変位計測結果</div> <div data-bbox="1707 564 2484 942"><table border="1"><caption>Figure 1.2 Data (Approximate)</caption><thead><tr><th>経過時間 (分)</th><th>伸縮計との差分 (mm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>4</td><td>0</td></tr><tr><td>6</td><td>-1</td></tr><tr><td>8</td><td>2</td></tr><tr><td>10</td><td>-1</td></tr><tr><td>12</td><td>3</td></tr><tr><td>14</td><td>-1</td></tr></tbody></table></div> <div data-bbox="1745 949 2433 985">図 1.2 伸縮計と丁張り方式及び延長棒方式との変位差分</div>	経過時間 (分)	伸縮計 (mm)	丁張り (mm)	延長棒 (mm)	0	0	0	0	5	10	8	12	10	20	15	25	15	30	22	38	20	40	30	50	25	50	38	62	経過時間 (分)	伸縮計との差分 (mm)	4	0	6	-1	8	2	10	-1	12	3	14	-1
経過時間 (分)	伸縮計 (mm)	丁張り (mm)	延長棒 (mm)																																									
0	0	0	0																																									
5	10	8	12																																									
10	20	15	25																																									
15	30	22	38																																									
20	40	30	50																																									
25	50	38	62																																									
経過時間 (分)	伸縮計との差分 (mm)																																											
4	0																																											
6	-1																																											
8	2																																											
10	-1																																											
12	3																																											
14	-1																																											


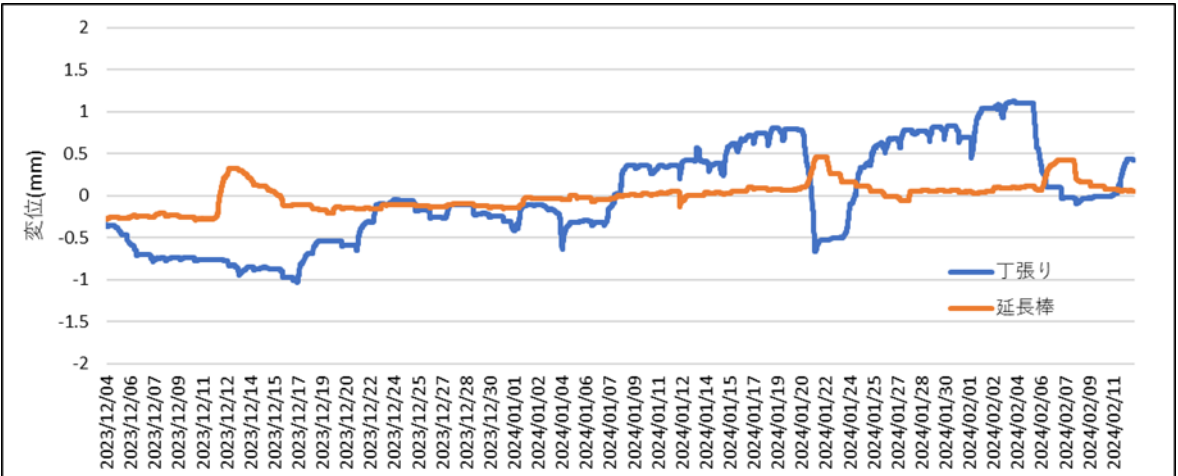
【類型 7 株式会社パスコ】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	IoTインフラ遠隔監視システムによる実証	<p>【実験 2 の結果（検知可能な変状の種類と限界の評価）】</p> <p>バックホーで鉄板を徐々に牽引して、法面の崩壊を意図的に発生させる操作を行い、IoTセンサのアラームメール発信の基準値（約40mm）の変位を超えるまでの挙動を確認し、その時のデータを収集した。</p> <p>実験の開始から約14分後に丁張り方式、約18分後に延長棒方式でアラームメールが発信されることが確認された。また、現地の状況からは約18分後に盛土構造物の崩壊（地割れ）が始まったことが確認された。</p>  <p>図 1 3 それぞれの方式による変位計測結果とアラームメール受信時間の関係</p>  <p>図 1 4 盛土構造物の崩壊（地割れ）の状況と受信アラームメール</p>

【類型7 株式会社パスコ】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	IoTインフラ遠隔監視システムによる実証	<p data-bbox="879 321 2509 492">【長期的なデータ取得・通信試験】 丁張り方式、延長棒方式ともに、長期において連続的な観測とデータ取得を行うことができた。 また取得されたデータの誤差は、本実証の目的である土堤における崩壊等の検知に対しての基準値（約40mm）と比較した場合、長期的な観測としては、両方式ともに十分な精度が得られた。</p> <div data-bbox="1248 499 2025 785"></div> <p data-bbox="1401 792 1872 821">図15 長期的なデータ取得の実施状況</p> <div data-bbox="1057 828 2229 1299"></div> <p data-bbox="1401 1306 1872 1335">図16 長期的なデータ取得の実験結果</p>

【類型7 株式会社パスコ】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

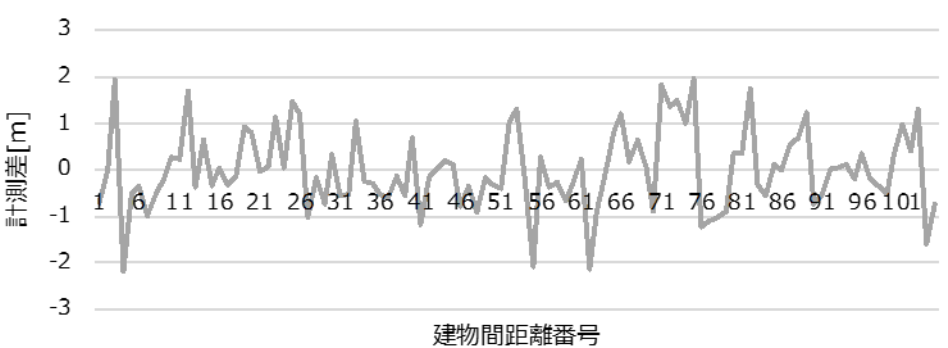
実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果
	人工衛星画像を用いた実証 (1)衛星画像による危険工室等及び既存保安物件の視認性	地図データの作成（デジタル図化）においてはPleiades衛星の場合は正確に建物を抽出可能であると評価した。 SPOT衛星による建物の抽出は困難であると評価した。
	(2)保安距離・保安間隔の計測及び計測に利用できる衛星画像の地上分解能	SPOT衛星とPleiades衛星の分解能の違いによる計測のずれ幅の最大値は3m程度であり、抽出された建物間の距離の計測に関しては地上分解能1.5mのSPOT衛星でも十分であると評価した。  <p style="text-align: center;">建物間距離番号</p>

図15 SPOT衛星とPleiades衛星の建物間の計測差 (m)

【類型7 株式会社パスコ】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果																		
	IoTインフラ遠隔監視システムによる実証 (1)IoTインフラ遠隔監視システムの設置方式・精度・検知可能な変状の種類と限界	<p>実験1から、各方式によるIoTセンサの挙動は、一定の精度が担保されている事が確認でき、盛土構造物による実証実験の結果から、土堤における常時監視への適用が期待できる結果となった。</p> <p>実験2から、IoTセンサの挙動から法面の異常発生を検知する結果となり、土堤における崩壊等の異常発生に対して、適用が期待できる結果となった。</p> <p>また、現地実験と並行して2023年12月4日から2024年2月12日の期間において長期的なデータ取得を実施した結果から、土堤における継続的な観測への適用が期待できる結果となった。</p>																		
	(2)火薬類関連施設事業者への適用性	<p>参加団体からのヒアリング結果を元に、表1に火薬類関連施設事業者への適用性の評価結果を示した。</p> <p style="text-align: center;">表1 火薬類関連施設事業者への適用性の評価</p> <table border="1" data-bbox="1049 979 2211 1248"> <thead> <tr> <th>事業者への適用性（期待される効果）</th> <th>事業者への適用性（期待される効果）の内容</th> <th>評価</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>安心感の確保</td> <td>平時においてモニタリングしていることの安心感</td> <td>可能性あり</td> </tr> <tr> <td>異常発生を検知</td> <td>台風や地震等の緊急時における“異常発生”の検知</td> <td>可能性あり</td> </tr> <tr> <td>職員の安全性確保</td> <td>事業者の土堤確認の迅速性や職員の安全性への寄与</td> <td>可能性あり</td> </tr> <tr> <td>連絡ミスの防止</td> <td>関係者間の連絡や認識漏れの防止</td> <td>可能性あり</td> </tr> <tr> <td>復旧の迅速性</td> <td>復旧に向けての迅速性に寄与する可能性</td> <td>可能性あり</td> </tr> </tbody> </table>	事業者への適用性（期待される効果）	事業者への適用性（期待される効果）の内容	評価	安心感の確保	平時においてモニタリングしていることの安心感	可能性あり	異常発生を検知	台風や地震等の緊急時における“異常発生”の検知	可能性あり	職員の安全性確保	事業者の土堤確認の迅速性や職員の安全性への寄与	可能性あり	連絡ミスの防止	関係者間の連絡や認識漏れの防止	可能性あり	復旧の迅速性	復旧に向けての迅速性に寄与する可能性	可能性あり
事業者への適用性（期待される効果）	事業者への適用性（期待される効果）の内容	評価																		
安心感の確保	平時においてモニタリングしていることの安心感	可能性あり																		
異常発生を検知	台風や地震等の緊急時における“異常発生”の検知	可能性あり																		
職員の安全性確保	事業者の土堤確認の迅速性や職員の安全性への寄与	可能性あり																		
連絡ミスの防止	関係者間の連絡や認識漏れの防止	可能性あり																		
復旧の迅速性	復旧に向けての迅速性に寄与する可能性	可能性あり																		

【類型7 株式会社パスコ】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果									
	(3)IoTインフラ遠隔監視システムの設置安全性	<p>携帯電話の出力（0.8w）と比較した場合、Infra Eyeの送信電力（0.13W）は明らかに低いこと、また、危険工室等を囲む土堤へ実装する場合には、電気雷管（電気で着火する仕組み）にInfra Eyeが近接する可能性は限りなくゼロである事から、発火の可能性は低いと考えられる。機器仕様と文献調査の結果を元に、表2に機器仕様と文献調査によるIoTインフラ遠隔監視システムの評価結果を示した。</p> <p style="text-align: center;">表2 機器仕様と文献調査によるIoTインフラ遠隔監視システムの評価</p> <table border="1" data-bbox="1014 622 2397 768"><thead><tr><th>設置安全性の観点</th><th>設置安全性の評価方法</th><th>得られた結果</th></tr></thead><tbody><tr><td>Infra Eyeの送信電力</td><td>送信電力（0.13W）の安全性評価</td><td>安全性は高い</td></tr><tr><td>電気雷管との近接性</td><td>土堤の設置により電気雷管への近接があるか</td><td>近接する可能性は低い</td></tr></tbody></table>	設置安全性の観点	設置安全性の評価方法	得られた結果	Infra Eyeの送信電力	送信電力（0.13W）の安全性評価	安全性は高い	電気雷管との近接性	土堤の設置により電気雷管への近接があるか	近接する可能性は低い
設置安全性の観点	設置安全性の評価方法	得られた結果									
Infra Eyeの送信電力	送信電力（0.13W）の安全性評価	安全性は高い									
電気雷管との近接性	土堤の設置により電気雷管への近接があるか	近接する可能性は低い									

【類型7 株式会社パスコ】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果																																	
	(4)火薬類製造関連施設へのIoTインフラ遠隔監視システム機器設置の適用性	<p>土堤における崩壊等の異常発生に対して、IoTインフラ遠隔監視システムの適用が期待できる結果となった。</p> <p>丁張り方式と延長棒方式の2種類の方式により実証実験を行い、測定精度や機器の安全性については、同等と位置づけられた。一方で、実際の土堤への実用可能性としては、材料費の多寡、機器設置の簡便性や利便性、土堤のある現地への輸送などを考慮する必要がある。実際の土堤への実用に向けて、各方式で得られた結果の違いを表3に示した。</p> <p style="text-align: center;">表3 機器設置方法（方式種別）の違い</p> <table border="1" data-bbox="1031 656 2372 853"> <thead> <tr> <th>方式種別</th> <th>材料費 コスト</th> <th>総重量 (※)</th> <th>作業工数 (設置時間)</th> <th>設置作業 難易度</th> <th>測定精度</th> <th>機器の 安全性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>丁張り方式</td> <td>安価 約4千円</td> <td>約5.2kg</td> <td>約1時間 /2人</td> <td>易しい</td> <td>良好</td> <td>高い</td> </tr> <tr> <td>延長棒方式</td> <td>高価 約25千円</td> <td>約8.6kg</td> <td>約2時間 /2人</td> <td>難しい</td> <td>良好</td> <td>高い</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ IoTセンサ (Infra Eye) を含めた各方式の総重量</p> <p>土堤の4四方向にて各1箇所の設置を基準にすることを提案した。また、崩壊時には電波の発生する通信センサ (Infra Eye) が土砂とともに流れ落ちる可能性があることから、機器は危険工室の反対側の土堤法面に設置することを提案した。設置基準は案であり、実際の土堤の状態や状況、想定される災害の種類（地震や台風などの地域差）など、実態を踏まえて今後検討していく必要性が確認された。</p> <p style="text-align: center;">表4 設置基準（案）</p> <table border="1" data-bbox="1166 1153 2509 1315"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>設置基準</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設置箇所</td> <td>土堤の4方向（合計4箇所）</td> <td>相当規模の崩壊等を想定</td> </tr> <tr> <td>設置方向</td> <td>危険工室の反対側の土堤法面</td> <td>崩壊等時の安全性を考慮</td> </tr> <tr> <td>設置方式</td> <td>丁張り方式</td> <td>安価・設置の簡便性・利便性を考慮</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 設置には、実際の土堤の状態や状況、想定される災害の種類を考慮すること。</p>	方式種別	材料費 コスト	総重量 (※)	作業工数 (設置時間)	設置作業 難易度	測定精度	機器の 安全性	丁張り方式	安価 約4千円	約5.2kg	約1時間 /2人	易しい	良好	高い	延長棒方式	高価 約25千円	約8.6kg	約2時間 /2人	難しい	良好	高い	項目	設置基準	備考	設置箇所	土堤の4方向（合計4箇所）	相当規模の崩壊等を想定	設置方向	危険工室の反対側の土堤法面	崩壊等時の安全性を考慮	設置方式	丁張り方式	安価・設置の簡便性・利便性を考慮
方式種別	材料費 コスト	総重量 (※)	作業工数 (設置時間)	設置作業 難易度	測定精度	機器の 安全性																													
丁張り方式	安価 約4千円	約5.2kg	約1時間 /2人	易しい	良好	高い																													
延長棒方式	高価 約25千円	約8.6kg	約2時間 /2人	難しい	良好	高い																													
項目	設置基準	備考																																	
設置箇所	土堤の4方向（合計4箇所）	相当規模の崩壊等を想定																																	
設置方向	危険工室の反対側の土堤法面	崩壊等時の安全性を考慮																																	
設置方式	丁張り方式	安価・設置の簡便性・利便性を考慮																																	

【技術実証の結果】

実証の 結果分析

【人工衛星画像を用いた実証】

実証地域内の保安物件のうち、SPOT衛星では建物ではない競技場や公園等の一部の保安物件が判読困難、Pleiades衛星では明瞭に確認できた。

計測に利用できる衛星画像の解像度の観点では、SPOT衛星でも十分であることが確認できた。

保安物件の属性の確認では別途地図情報を重ね合わせる必要があることが分かった。

本実証に用いた技術による検査は、撮影機会やコストの観点からは、年に1回以上の保安物件等の確認が可能であることが分かった。

【IoTインフラ遠隔監視システムによる実証】

①土堤の上端から下端のどの部分への設置が有効であるかの課題が残った。上下方向の設置箇所については今後の検討を要する。また、杭打ちの間隔を広げた場合の検証を行うなど、設置方式の改良の余地がある。

②IoTセンサ（Infra Eye）の通信環境が途絶えた時の対応の課題がある。大規模災害の発生時に通信が遮断された場合には、3日間分のデータを保持し、通信環境の復旧後、その3日間データの抽出が可能となるが、即時性の求められる、火薬類関連施設事業者の異常発生を検知、職員の安全性確保、関係者間の連絡などに支障がでる可能性もあるため、こちらも今後の検討課題とした。

課題を踏まえた将来展望として、実際の土堤への適用を実現し、そのモニタリングから課題解決を図っていくことが望ましく、また火薬類関連施設の土堤以外の工作物への適用も検討が必要である。また、複数の火薬類関連施設事業者の土堤運用の実態を踏まえ、崩壊等が起こった場合の影響が大きく、優先的に監視すべき場所など、より実態にあった適用性の評価に結びつけていく必要がある。