

東京国際空港地震観測システムに関する検討

澁谷浩平*・大里睦男**・相川 寛***

* (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** 前 (財) 沿岸技術研究センター 調査役

*** 前 国土交通省 関東地方整備局 東京空港整備事務所 第四建設管理官室 建設管理官

東京国際空港における地震観測システムは、1988年から地震加速度の取得を開始し、羽田空港の主要施設を設計するためのシナリオ地震波形を作成するなどの所期の成果を上げてきている。しかしながら、観測を開始して以来20年以上が経過していることから、システムが陳腐化し、データ取得障害も報告されている。

一方で、平成22年10月に供用が開始されたD滑走路や国際線エプロンでは、整備した施設の地震時の挙動を把握するために、地震観測局が新たに配置されている。本検討は、既設地震観測機器の故障箇所の特定制と修繕方法の提案及び、D滑走路や国際線エプロンとの連携も含めた東京国際空港における地震観測システムの更新について検討を行うものである。

キーワード：地震観測，システム管理

1. はじめに

近年、地震、津波等による災害が日本及び世界の各地で頻発しており、地震対策や防災体制の強化などが求められている。

東京国際空港では、空港島内の地震時の挙動を網羅的に把握するために、1988年から1999年にかけて、滑走路や橋梁、鉄道用トンネルの各所に地震計及び間隙水圧計を設置し、それらのデータを一括管理するための地震観測システムが構築されてきた(図-1)。同観測システムによって得られたデータは、昨年10月に供用が開始されたD滑走路の設計用地震動の策定や、橋梁、トンネル部の地震応答計算手法の検証、滑走路下の改良地盤と非改良地盤の地震応答特性の相違の把握等に用いられてきた。

また地震災害時の空港の役割として、救急・救命活動等の拠点機能や、緊急物資・人員等輸送受け入れ機能が

求められているが、東京国際空港においては、構築された地震観測システムを利用して、地震被災時の各施設への入力地震動の把握や、過剰間隙水圧の発生状況、地盤剛性の低下、橋梁及びトンネルに作用した断面力などを推定できることから、被災後の各施設の利用可否判断への同システムの活用も期待されている。

しかしながら同システムは、設置から20年以上経過した機器もあり、取得データから、故障が疑われる機器も確認されている。昨年10月に供用が開始されたD滑走路や国際線エプロンに新たに設置された地震計との連携も期待されていることから今回、以下の調査及び検討を行った。

- ・現地踏査による故障計器の特定
- ・故障計器の修繕方法の提案
- ・新システムの概略検討
- ・システム検討項目の要件定義

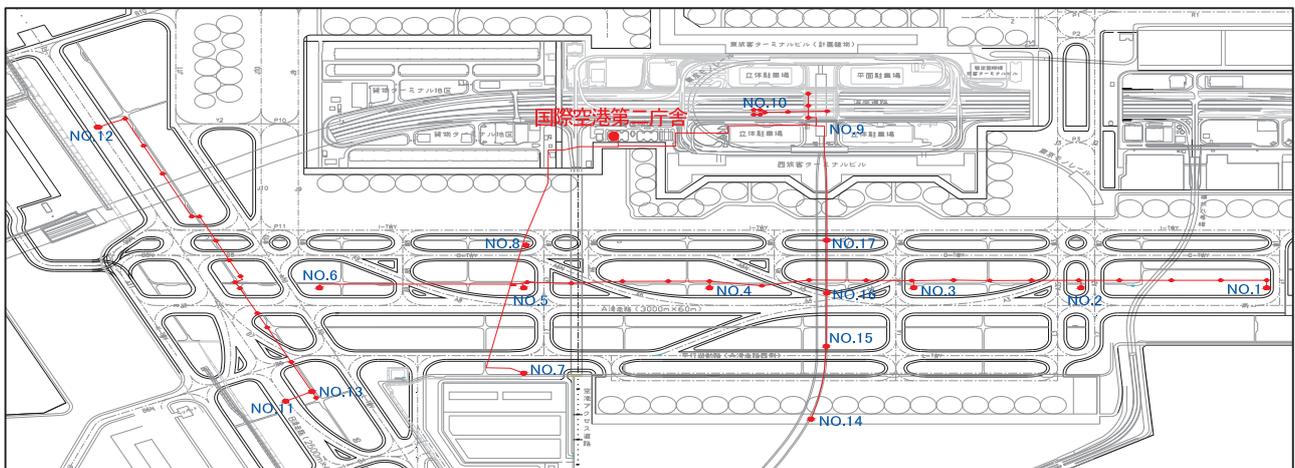


図-1 東京国際空港 地震観測システム

2. 東京国際空港地震観測システムの概要

東京国際空港の地震観測システムは、図-1の赤線で示すとおり、観測データを一括管理する国際空港第2庁舎内の地震観測室から、電源・通信（光ファイバー）複合ケーブルで、以下の17箇所の観測点と結ばれている。

- ・A滑走路8箇所（No.1～No.8）
- ・B滑走路3箇所（No.11～No.13）
- ・ターミナル間を結ぶ連絡橋付近2箇所（No.9～No.10）
- ・鉄道用トンネル内4箇所（No.14～No.17）

また図-2に示すとおり、各観測点では観測機器類を納めた防水筐体を中心に、その周辺に各深度毎に地震計及び間隙水圧計が設置されている。

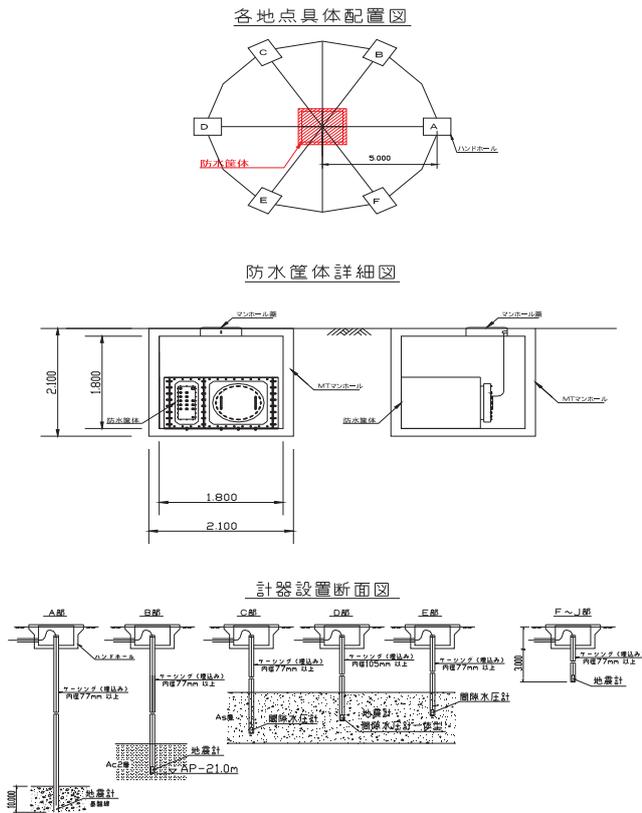


図-2 地震観測システム 観測点計器設置詳細図

2. 現地踏査による故障計器の特定

地震観測室及び各観測地点の現地踏査を実施し、故障計器の特定を行った（写真-1, 2）。



写真-1 現地踏査実施状況

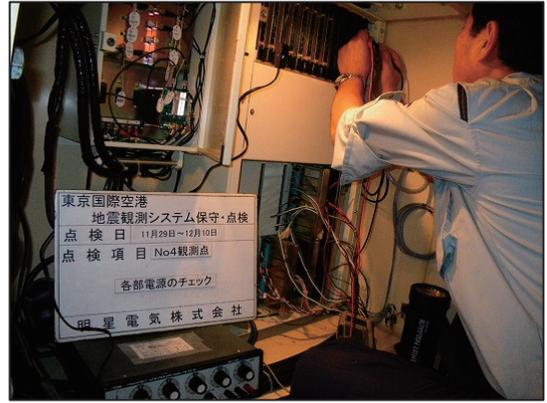


写真-2 観測点点検状況（防水筐体内）

現地踏査の結果、防水筐体内の観測機器類に大きな故障は認められなかったが、5箇所の観測点で計7基の地震検出器の故障が確認された。またNo.8の観測点においては、通信ケーブルの断線による欠測が確認された。

3. 故障計器の修繕案の検討

現地踏査で故障が確認された地震計について、修繕案の検討を行った。当初は地震検出器の交換のみでの対応も検討されたが、既設地震観測システムの今後の更なる老朽化や、D滑走路、国際線エプロンに新たに設置された地震観測装置との連携、C滑走路に新たに設置が検討されている地震観測装置等の増設も見据えて、故障計器の更新については、新たな制御装置で管理することとした。以下に諸条件を整理する。

- ・新たに制御装置（新システム）を設けて、データの管理を行う（図-3）。
- ・新システムは将来の機器更新や増設に対応可能な仕様とする。また、既設の地震観測システムのデータも新システムに取り込む。
- ・既設の電源ケーブルの老朽化が懸念される。電源ケーブルの再敷設工事は経済的に実現困難なことから、観測点毎に新たな電源供給元を調査する。
- ・既設の通信ケーブルの老朽化が懸念される。通信ケーブルの再敷設工事は経済的に実現困難なことから、無線によるデータ転送の実現性を調査する。

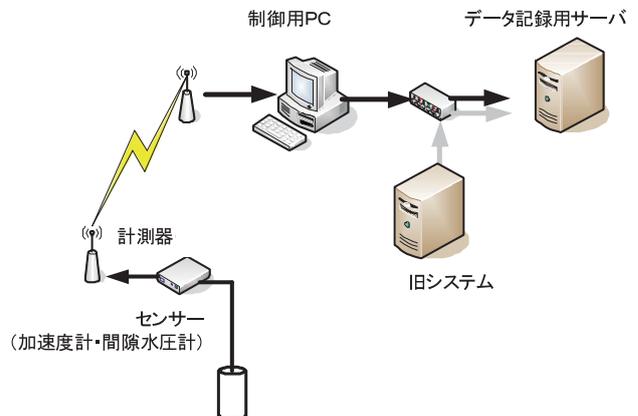


図-3 新システムの概念図

3.1 地震観測装置の仕様

既設の地震観測システムは、管理用ソフトも古く、設置した機器メーカー独自の仕様となっており、機器の更新や増設への対応が困難な状態であった。そこで、東京国際空港地震観測システムの利用者である、(独) 港湾空港技術研究所や、主要製造メーカーにヒアリングを行い、将来の機器更新や増設に対応可能な地震観測装置の仕様を取り纏めた(表-1)。

機器名称	仕様
強震計	入力成分: 6ch 以上 (複数のロガーの連動でも可) 計測可能最大加速度: 2000Gal 以上 計測可能周波数: 0.1-30Hz を含む AD変換: 24bit 以上 メモリ容量: 10MB 以上 サンプリング周波数: 100Hz が可能であること 動作環境: 0° C ~ +40° C 時刻補正方法: GPS による補正 電源入力: AC100V 内蔵バッテリーまたは外付バッテリーで満充電時3時間以上全機能維持 電源ケーブルおよびセンサーケーブルに対し耐雷性を有すること
検出器	サーボ型加速度計 (3ch) 計測可能最大加速度: 2000Gal 以上 計測可能周波数: 0.1-30Hz を含む

表-1 地震観測装置の仕様 (一部抜粋)

3.2 供給電源の検討

新設する地震観測装置の消費電力量は、後述する無線通信機器類の消費電力も含めて一箇所当たり約300W程度と想定された。地震観測室から供給される電源の容量に十分な余裕があることは確認できたが、電源ケーブルの老朽化も懸念された。そこで新たな供給電源の候補として、観測点付近の商用電源の調査と、ソーラーシステムについて検討を行った。

写真-3 及び図-4 は観測点 No. 5 付近の平面配置であるが、調査の結果、観測点付近に航空灯火用の受電設備が確認された。他の観測点付近にも同様の設備は確認されており、関係者間の協議が必要となるが、観測室からの電源供給が困難となった場合の、観測点付近での新たな電源の供給元が確認された。



写真-3 観測点付近 平面配置写真

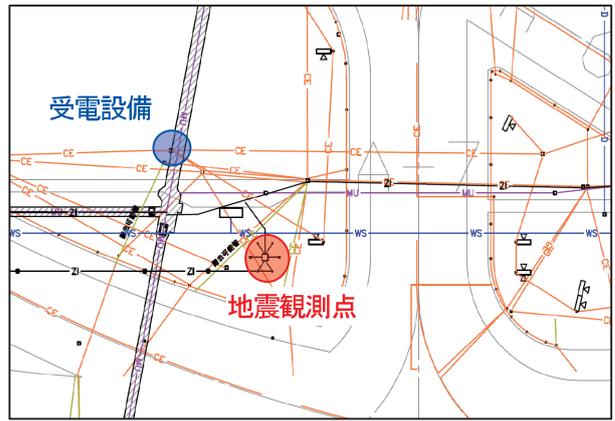


図-4 観測点付近埋設物平面図

併せてソーラーシステムによる電源供給についても検討を行ったが、地震観測システムの性質上、常時安定的な電源供給を担保するために、それ相応の不日照日数を見込む必要があり、不日照期間中の電源供給には大容量の蓄電設備が必要となることから、経済性の面で実現が困難と判断された。

3.3 無線によるデータ転送の検討

新設する地震観測装置の通信手段として、既設通信用ケーブルからの分岐も検討されたが、既設通信用ケーブルは、老朽化による不具合が確認された観測点もあることから、無線によるデータ転送の検討を行った。

空港施設で無線によるデータ転送の実績のあるメーカー5社に対して、無線、モバイルによるデータ転送に関する資料収集及びヒアリングを実施し、環境条件、機能性、経済性、施工性等の項目で比較検討を行った。

比較検討の結果、各社のシステムに大きな優劣の差は認められなかったが、各社で利用可能周波数帯が異なるため、今後は現地におけるテスト作業で不具合のないことを確認する必要がある。

なお、空港島内には航空局管理の無線 LAN システムが構築されており、中継局が空港島内十数カ所に配置されていることが確認された。同中継局と空港庁舎は有線で結ばれていることから、同中継局が利用できれば、ローコストで安定したデータ通信が可能となる。但し、中継局の利用のための関係先との調整が、必要である(図-5)。

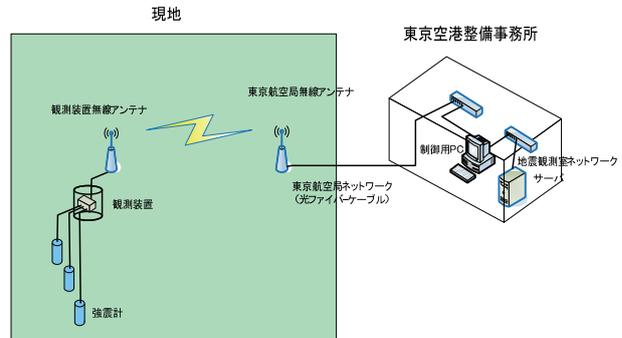


図-5 航空局無線中継局利用イメージ図

4. 新システムの概略検討

既設地震観測システムと新設の観測装置、D滑走路や国際線エプロンの計測データを一括管理する新システムを検討した(図-6)。以下に概略を示す。

- ①各観測装置のデータは、観測点内の各プロセスで書式変換し、データ記録装置の固有記録書式で、制御用PCに転送する。
- ②制御用PCは、観測点からの地震記録ファイルに属性情報を付加して、既設地震観測システムの記録ファイルと同一の書式に変換し、WEB/APサーバに転送する。
- ③WEB/APサーバは、制御用PCから取得したデータを、標準書式ファイルに変換し、DB属性データを付与してDBサーバに登録する。
- ④観測点の記録装置に記録された計測データが、各データ転送段階で確実に処理され、データ転送が確実に行われていることを状態情報(ログ)で記録する。
- ⑤観測点毎に一定期間のデータ保存機能を備え、各プロセスでデータ転送が正常に行われなかった場合は、応急的に手動で計測データを回収して、記録装置に登録する。

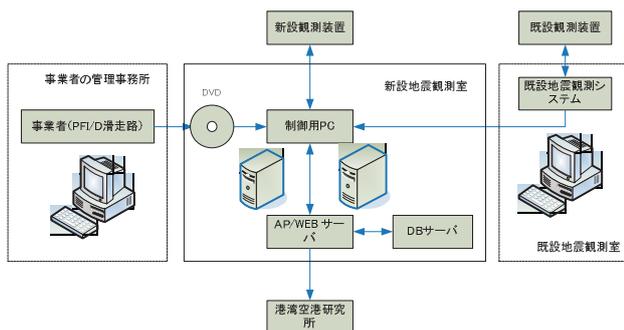


図-6 システム構成イメージ図

5. システム検討項目の要件定義

システムの構築に必要な項目(表-2)について、要件定義を行い、機能や基本仕様の概略を取り纏めた。

表-2 システム検討項目

項目	要件項目
制御機能	データ登録機能
	警告表示機能
	エラー表示機能
	セキュリティ機能(ハード面)
	ユーザー(利用者)の認証機能
データ記録機能	データ読込機能
	帳票作成機能
	データ検索機能
	データ集計機能
	データ出力機能
ハード・ソフトシステム	セキュリティ機能
	コンピュータの基本仕様
	ハードウェア
	ネットワーク機器の基本仕様
	無停電装置
	OS
	データベースシステム
	セキュリティシステム
	開発環境(開発言語等)
	設置環境
運用	

以下に一例として、観測装置のデータ登録機能についての要件定義を示す。

- ①観測装置は、地震検出器で集録した地震観測記録の電気信号(電圧)をデジタル信号に変換し、計器固有の書式で、特定のディレクトリに記録後、制御用PCまでデータを送信する。
- ②観測装置から制御用PCまでの通信障害のため、地震観測記録が制御用コンピュータに送信できない異常時には、ノートブックと観測装置をLANケーブルで接続して、FTPクライアントソフト(例えば、FFFTP)を用いて、ファイルを手動で回収できることとする。
- ③通信障害が復旧した場合は、FTPクライアントソフトで、ネットワークを經由して、遠隔操作で手動回収する。
- ④手動回収した観測装置の地震観測記録は制御用PCで表示させることができることとする。
- ⑤地震観測記録の保持期間は設定できることとする。
- ⑥観測点内のトリガー信号の発信方法(発信センサー、閾値)がネットワーク経由で変更できることとする。

6. まとめ

- ・東京国際空港の既設地震観測システムの現地踏査で、7基の地震検出器の故障と、一部観測点の通信ケーブルの断線が確認された。
- ・既設地震観測システムの今後の更なる老朽化や、D滑走路、国際線エプロンに新たに設置された地震観測装置との連携、C滑走路に新たに設置が検討されている地震観測装置との連携も見据えて、故障計器の更新については、新たな制御装置で管理することとした。
- ・観測室からの電源供給の代替案として、観測点付近での電源の調査を行い、観測点付近に受電設備が設置されていることを確認した。
- ・観測室への有線でのデータ転送の代替案として、無線によるデータ転送について、メーカーへのヒアリングを行い、実現性が高いことを確認した。但し、今後は現地におけるテスト作業で不具合のないことを確認する必要がある。
- ・空港内に既に構築されている無線LANシステムの利用について、関係先との協議の中で合意が得られれば、ローコストで安定したデータ通信が可能となる。

7. 謝辞

本稿は、国土交通省関東地方整備局東京空港整備事務所発注による「平成23年度 東京国際空港地震観測システム計画業務」での検討の一部を取りまとめたものである。検討に際し、整備局関係者には、貴重なご意見・ご指導をいただき、ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省関東地方整備局東京空港整備事務所:東京国際空港地震観測システム計画検討業務 報告書(平成23年3月)。