

山頂ドームインターロックシステムの紹介

岡 慎司／吉山 尚美／Lucio Ramos

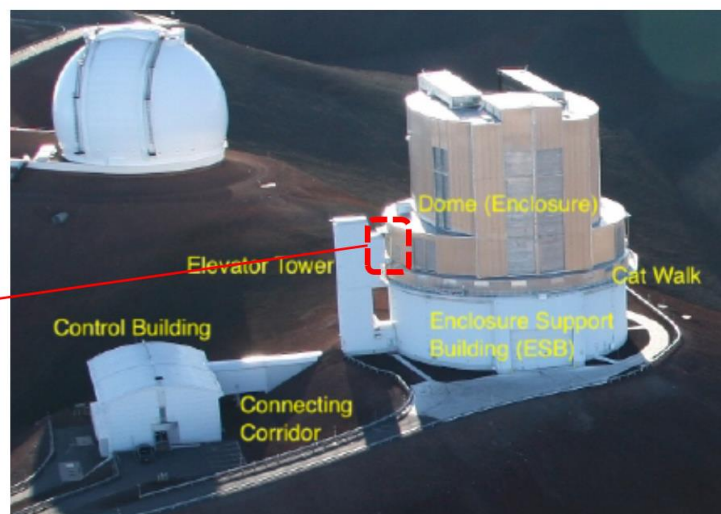
(国立天文台ハワイ観測所)

山頂ドームに出入りする通路において、ドーム側のドアとエレベータフロア側のドアが正対していない時は、ドアがロックされて開けられないようにするインターロックシステムを導入した。これにより、誤ってドアを開けて転落してしまう事故を無くすようにした。今回、そのインターロックシステム導入背景や概要を紹介する。

1. 背景

2018年3月4日午前0時42分頃、ハワイ観測所の所員が山頂施設のエレベータ・タワー3階ロビーからドームに向かおうとして、ドアを開けて足を踏み出したところ、ドーム側の入口に繋がる連絡通路が正対していなかったため、約4メートル下にある階下の Cat Walk に転落、重症を負った。

当面の転落防止対策として、南京錠による施錠管理手順が採用され、現在もその手順を運用中であるが、本インターロックシステムは、その転落事故の恒久的な是正措置として計画されたものである。



2018年3月の転落事故発生状況

2. 目的とシステム概要

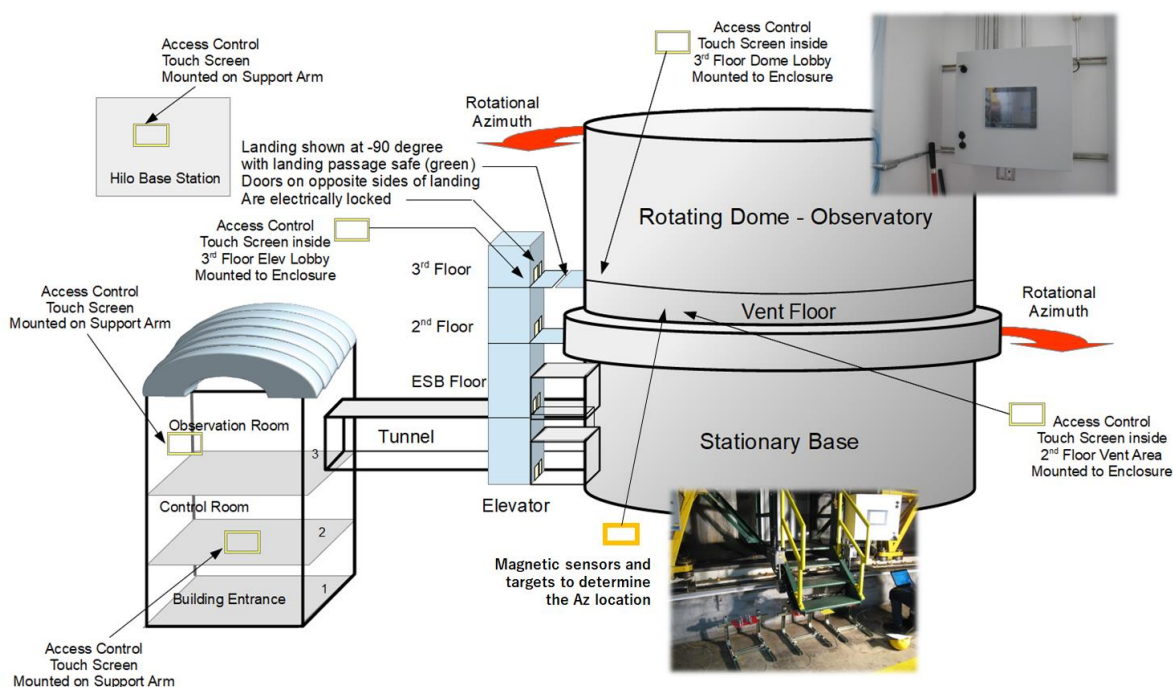
連絡通路が非正対時に、通行人が誤ってドアを開けて階下へ転落することを防止することを目的とし、既設のドーム位置管理やドアロックシステムとは独立して、連絡通路をはさむエレベータロビー側のドアとドーム側のドアの正対・非正対を検出し、

- ・非正対時には、ドアを開けようとしても開かない。

・正対時にのみ開錠スイッチを ON にすることで、所定の時間内はドアが開く。
という PLC 制御の施錠管理システムを導入する。

主要な構成と機能は以下の通り。

- ・ドアがロックされている状態を通常とする。
- ・3つの PLC ユニットを、通風階、荷物用エレベータ 3F、観測階に設置し、それぞれをイーサネットで結んで、統合的な制御を行う。
- ・通風階では、回転するドーム側に設置された近接センサー（16個）が床面に設置されたボルトヘッド（各8個）の配列パターン（3種類）を検知し、正対位置を検出する。
- ・他の2つの PLC ユニットは、通風階の PLC の位置検出情報を受けて、ドアロックの解除を制御する。
- ・ドアロック解除を担うスイッチは、連絡通路の4か所（屋内外に各2か所）に設置され、1カ所のスイッチのオン・オフでドーム側とエレベータ側すべてのドアのロック解除が一度に行われる。
- ・ドアロック解除の状態が12秒を経過すると警告アラームが鳴る。



山頂ドームインターロックシステム全体図

3. 転落事故発生前までの状況

ドーム内通風階のレール部分及び連絡通路下に設置したそれぞれ設置したマイクロスイッチを利用して、ドーム側とエレベータ側でドア正対・非正対を検知、ドアをロックさせたり、警告ランプ表示をしたりするシステムが使われていた。ただし、ドア自体がアンロック状態になった時の警告はない。

なお、観音開きドアのため、Electric Strike（片側のドアから、もう片側のドアに向かってキーが差し込まれてラッチ部分をロック）ができていても、片側が丸落とし棒で固定されていないと開いてしまう。

4. 事故直後の対策と新システムの導入経過

ドームを回転する際には、ドーム側を連絡通路側（屋外）から、エレベータ 3F 側はロビー側（室内）から南京錠で施錠するという手順で管理してきている。ドームを回転しながらドーム内に人が残って作業する場合があるが、その場合、ドーム外側から施錠されているので、連絡通路を利用してエレベータホール側に退避することはできないというリスクが指摘されていたが、一時的な措置ということで了解されていた。

なお、事故直後に対策のひとつとして、ドーム回転時にはエレベータが 3 F まで行くことができないように設定された。

新システムは事故発生後に観測所内メンバーで検討開始され、具体化に向けた設計や予算確保、業者選定、部品購入が進められた。その後、COVID-19 感染対策として山頂作業に制約が発生（人数制限）したことなどもあり、山頂施設での実装作業開始が大きく遅延し、さらに、現地業者への対応に多くの労力と期間を要する事態となったが、2023 年 7 月末から、現在の南京錠による施錠管理手順を正としたまま、昼間のみの試験運用を開始した。

2023 年 9 月からは夜間含む 24 時間稼働での試験運用を開始しているが、現時点までにドアロック機能に大きな問題は発生していない。

5. ドア開閉に関する FT (Fault Tolerance)

今回のような安全に関わるシステムや手順を考える際には、FT の観点での確認が重要である。過去から現在について整理すると以下の通りとなる。

- ・事故発生時：冗長なし

ドアロック(Electric Strike)※+丸落とし棒、警告ランプ

※エレベータ側のみで、ドーム側にはない。

- ・事故発生後の追加対策：一冗長

南京錠による施錠管理（教育訓練による運用）追加

- ・新システムの試験運用：二冗長

南京錠とインターロックシステムによるドアロックを並走

6. Lessons Learned

今後、冬季を含めた試験運用の状況を精査し、運用対応について観測所としての最終的な判断をすることになるが、今回の事故に関する調査の中で、施設に関する重大な変更の共有や周知が十分でなかったことが指摘されている。何らかの変更を加える際には、その上位含めたレビューを実施し、関係者に周知するとともに、それを記録として残して引き継いでゆくことが重要ということを記しておきたい。

以上