



先端研究施設共用促進事業 フォトンファクトリーの産業利用促進 利用報告書

課題番号： 2012I006
 研究責任者： 小平 法美、(株)日立ビルシステム
 利用施設： 高エネルギー加速器研究機構 放射光科学研究施設 BL-14C
 利用期間： 2012年10月～2013年3月

エスカレーターハンドレールの内部構造の解析 Analysis of internal structure of an escalator handrail

小平 法美¹、大西 友治¹、米山 明男²、馬場 理香²
 Norimi Kodaira¹, Tomoharu Oonishi¹, Akio Yoneyama², Rika Baba²

¹(株)日立ビルシステム 技術開発本部、²(株)日立製作所 中央研究所
¹Hitachi building Systems Co., Ltd., ²Hitachi, Ltd., Central Research Laboratory

アブストラクト：

エスカレーターハンドレールの内部構造を観察するため、屈折コントラストX線イメージング法を用いたCT撮影の可能性について検討を行った。本研究は、CT画像を観察することにより、ハンドレールが異変を生じる経緯と原因を解明することを目的とする。新品ハンドレールのCT画像において、ハンドレールを構成しているスチールコード、布、ゴムが識別でき、内部構造を観察可能であることが確認できた。

Abstract: We studied the feasibility of computed tomography (CT) imaging using diffraction-enhanced X-ray imaging (DEI) to observe the internal structure of escalator handrails. Our aim was to elucidate the process and the cause of handrail accidents by observing CT images. In the CT images of a new handrail, the steel cords, textiles, and rubber materials that constituted the handrail were distinguished. It was confirmed that the internal structure of the handrail could be observed.

キーワード： 屈折コントラスト法、CT画像、ハンドレール、内部構造

1. はじめに：

エスカレータの手すり（ハンドレール）は多くの人が触れるものであり、怪我や事故を防ぐために保守・点検・整備を行い、安全の確保が図られている。提案者等は、X線を用いて非破壊でハンドレールの内部を観察し、エスカレータの設置現場でハンドレールの異変を早期に発見する探傷装置を開発し、点検の精度を向上させた。次に、異変のデータを蓄積し、ハンドレールが異変を生じる経緯と原因を解明することを目指している。そのために、様々な使用期間を経たハンドレールの内部構造を観察し、経時的な変化を解析する手法の検討を開始した。

ハンドレールは主に、布、ゴム、スチールコードから成っている。強度を保つために中心部にスチール製コードを入れ、固定用のゴムで押さえ、保護材である布で覆い、さらに化粧用のゴムで覆って形と強度を保っている。長期間の使用に伴ってスチールコードが劣化して断線すると、交換が必要となる。ハンドレールは強固

に接着した状態で製作されており、開くと構造が分からなくなってしまうため、内部構造の観察には非破壊のX線撮影が適する。また、劣化要因を見つけ出すためには断面像での観察が必要であり、高空間分解能のCT撮影が適する。さらに、ハンドレールはX線吸収の大きいスチールコードから、吸収の小さい薄いゴムの構造まで含んでいたため、一般のX線撮影では濃度分解能が足りず、高濃度分解能のCT撮影が適する。これらの条件を全て実現できる手法として、放射光を用いたCT撮影が適任と考えた。しかし、ハンドレールの撮影は初めての試みであることから、今回、フォトンファクトリーにおける産業利用促進課題を用いて撮影の可能性を確認することとした。

2. 実験：

図1に撮影に用いたイメージングシステムを、表1に撮影条件を示す。X線は非対称結晶によりコリメートかつ拡大された後に、サンプルに

入射する。サンプルを透過したX線は、精密回転ゴニオメータ上に設置されたアナライザー結晶で回折された後に、X線画像検出器に入射して検出される。検出には、ファイバークップリングのX線カメラ[1]を使用した。サンプル内部の密度差が大きいいため、測定にはアナライザー結晶を回転スキャンし、各角度で得られた画像からサンプルによって生じた位相シフトを算出する計測法 (Diffraction enhanced imaging(DED)[2]、複数スキャン屈折コントラスト法) を用いた。

CT画像を得るためには、被写体を回転させて、多方向からの撮影像を得る必要がある。特に18本のスチールコードが全て重なる方向では、得られた撮影像において透過量が非常に小さくなってしまいう領域が生じ、正常なCT画像を得ることが困難であった。そこで、X線のエネルギーを70keVとして透過量の減少を防ぎ、観察を行った。

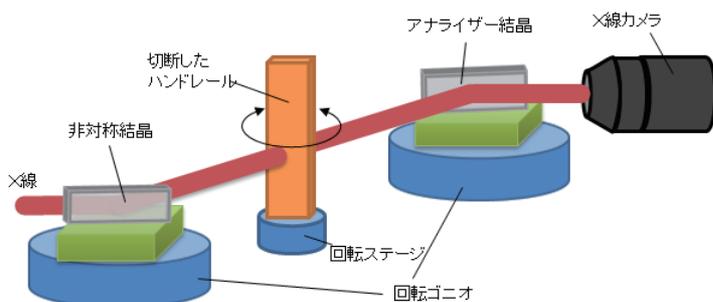


図1 イメージングシステム

3. 結果および考察:

図2に、新品ハンドレールのCT画像として、Axial方向の断面像を示す。ハンドレールを構成しているスチールコード、布、ゴムが識別できており、内部構造を観察可能である。この結果から、様々な使用期間を経た回収品ハンドレールを撮影することにより、内部構造の異変のデータを蓄積可能と期待できる。なお、スチールコード間に白いアーチファクトが現れていることから、今後、撮影条件および処理手法の検討によりアーチファクトを低減させ、さらに画質の改善を行う予定である。

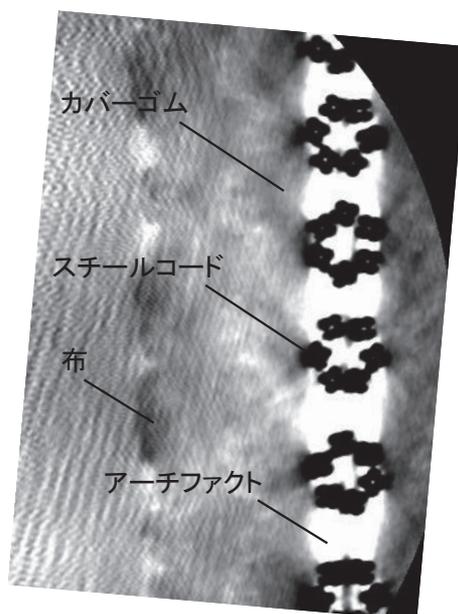


図2 新品ハンドレールの Axial 断面像

表1 撮影条件

非対称結晶	Si(220)、非対称度 2 度、幅 300 mm ×高さ 30 mm
アナライザー結晶	Si(220)、幅 550 mm×高さ 60 mm
検出器	ファイバークップリング型 CCD 画像検出器、ピクセルサイズ 25 μm/pixel(Binning 2*2 時)、ピクセル数 4096*2650、フレームレート 1.6 fps(フルフレーム時)
測定点数	1 sec*11 点、40 pulse(0.4 角度秒) 送り
投影数	500 projection/360 deg

4. まとめ:

本課題では、ハンドレールの放射光 CT 撮影を可能とするイメージングシステムと撮影条件の検討を行い、その結果、新品ハンドレールにおいて内部構造を観察可能であることが確認された。しかし、通常は1年である課題の有効期間が半年に限定されてしまったため、成果としては当初計画の半分である撮影条件の決定を行うまでに留まった。引き続き 2013 年度に施設利用を計画しており、その中で新品と回収品の比較評価を行い、ハンドレールの内部構造の経時的な変化について解析を行う予定である。

参考文献

- [1] A. Yoneyama, et al., JJAP 46, 1205 (2006).
- [2] I. Koyama, et al., JJAP 44, 8219 (2005).

* Kodaira_Norimi@hbs.co.jp