

**μ-CT 法を用いた引張応力下における
炭素繊維強化プラスチック (CFRP) の構造変化の研究
Study of Structure Changes of Carbon Fiber Reinforced Plastics
during Stretching Stress Test Using μ-CT Method**

伊藤 孝憲, 高尾 直樹, 永見 祐介, 今井 英人
Takanori Itoh, Naoki Takao, Yusuke Nagami, Hideto Imai

(株)日産アーク
NISSAN ARC, LTD

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) は、「軽く強く腐食しない」21 世紀型の先端機能材料と云われている。しかし、CFRP の破壊メカニズムに関しては解明されていない点が多い。特に破壊中の観測によって破壊メカニズムを議論した研究はほとんどない。そこで本課題では CFRP を引張りながら μ-CT 測定を行い、破壊時の CFRP の内部観察を行った。CT 像より引張力 100N で亀裂が入り始め、170N で多くの亀裂が確認された。今後は 3D に再構成し、亀裂を定量化、引張力との関係を明確にする。

キーワード： CFRP, μ-CT, 破壊メカニズム

背景と研究目的：

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) は、「軽くて、強く、腐食しない」21 世紀型の先端機能材料と云われている。CFRP は、優れた機械的な性質 (高比強度、高比弾性率など) と炭素質からくる優れた特性 (導電性、耐熱性、低熱膨張率、化学安定性、自己潤滑性及び高熱伝導性など) を併せもつため、様々な用途に幅広く使われている。特に飛行機や自動車などの軽量化に有望な材料として期待されている。しかし、これらを使用するためには破壊モードの把握が重要事項となる。現状、CFRP の破壊メカニズムに関してはまだ不明な点が多い。特に炭素繊維 (CF) に対し、垂直方向、水平方向では破壊モードが全く異なる。作動時に *operando* 測定しながら、3 次的に CFRP の構造変化、破壊モード、どの部位から破壊が開始するかなどを議論した研究はほとんどない。本課題では、*operando* 測定を行い、引張応力を印加しながら破壊状態を μ-CT によって観測することによって、リアルタイムでの破壊状態と CFRP 構造変化を関係付ける。また、今回は非 *operando* 測定で引延前後の初期試料と塑性変形試料も測定し、*operando* 測定との比較を行う。これらの実験により垂直方向、水平方向の破壊メカニズムを 3 次的に観測することによって、破壊開始点 (強度が弱い部位) や、破壊のクライテリオン (破壊基準) を把握することができ、強度改善の指針が明確になり、CFRP 開発が加速される。

実験：

実験条件は、下記の通りである。

- ・測定試料：熱硬化性 CFRP, ダンベル形状, 観察部分：1 mm ϕ 柱状
- ・X 線エネルギー：7 keV
- ・視野：1 mm x 1 mm
- ・測定法：X 線顕微イメージング
- ・測定時間：5 分
- ・測定枚数：1500 枚 (1 条件)
- ・引張試験機：九州大学戸田研究室の装置を借用 (図 1 参照)
- ・引張条件：5N–170 N (CT 測定時には引張力は一定とした。)

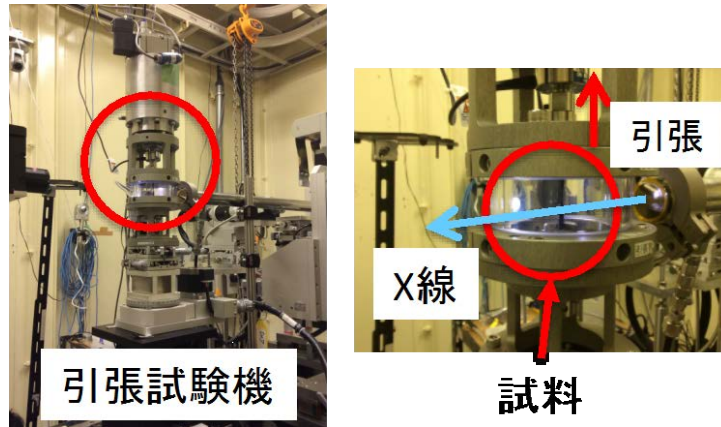


図1. 実験装置

結果および考察：

図2にCFRPの引張時(印加：5N, 170N)におけるCT像を示す。今回試作したCFRPのテストピースははじめから気孔が含まれていることが分かった。(図2)徐々に引張り、110Nで初期から入っている気孔以外の亀裂が確認された。また、引張による亀裂ははじめから入っていた気孔から発生するのではなく、CFの密度が低い部分から発生していると思われる。さらに引張ることによって、最初に発生した亀裂が大きくなるのではなく、他のCF密度が低いところで新たに亀裂が発生することが確認できた。

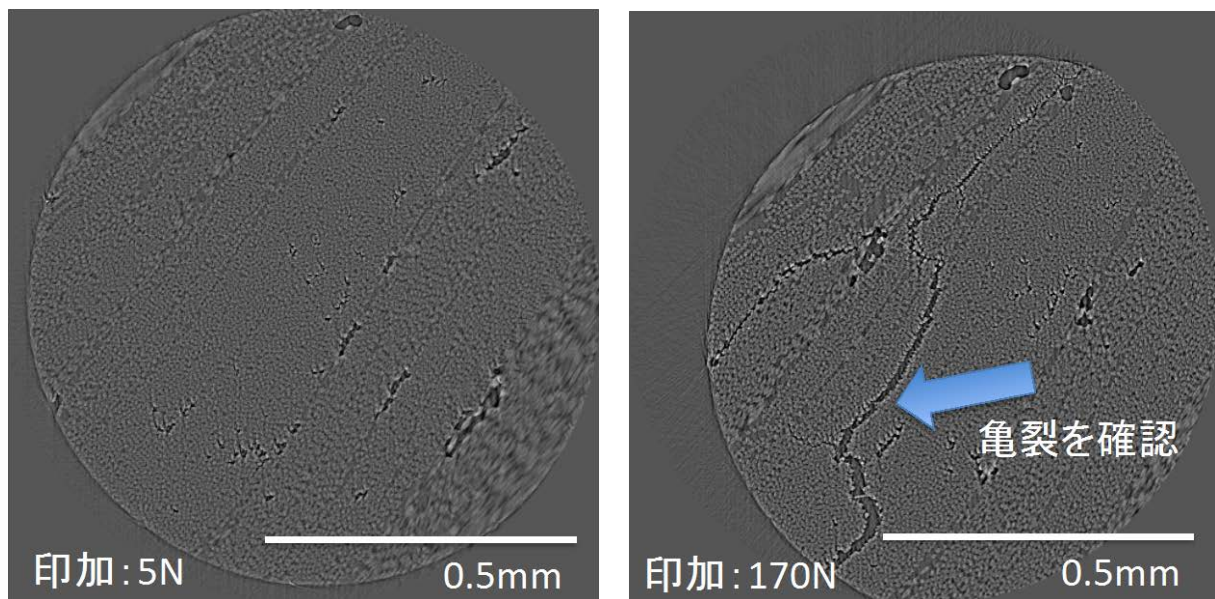


図2. CFRP引張時のCT像(左：5N, 右：170N)

今後の課題：

得られたCT像、1500枚から3次元に再構成し、二値化することで亀裂を定量的に評価し、引張り力との関係を明らかにする。

謝辞：

本課題の引張試験装置借用、使用法に関して九州大学大学院工学研究院 機械工学部門戸田教授、平山助教に丁寧かつ熱心なご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。