

高分解能 X 線 CT によるブレーキ摩擦材の空隙解析 Analysis on pore volume in friction brake materials by high-resolution X-ray CT

羽鳥 公一^a, 山島 隆太郎^a, 高木 康夫^b, 今福 宗行^b
Koichi Hatori^a, Ryutaro Yamashima^a, Takagi Yasuo^b, Muneyuki Imafuku^b

^a(株)曙ブレーキ中央技術研究所, ^b(株)日鐵テクノロジー
^aAKEBONO RESEARCH & DEVELOPMENT CENTRE LTD., ^bNIPPON STEEL
TECHNORESEACH .CO.LTD.

ブレーキ用摩擦材において、ブレーキ作動時に摩擦界面を起振元として発生する音振 (NV ; Noise Vibration) 現象は大きな問題である。近年の研究により摩擦材中の微小空隙と NV 現象が関連することが分かってきた。空隙と NV 現象の関係を解明するための 1 つの手段として、液体金属を圧入した摩擦材に SR-CT を適用することで摩擦材中の空隙の存在部位を特定することに成功した。

キーワード： ブレーキ、摩擦材、空隙

1. 背景と研究目的

乗用車等の多くの輸送機器の主要な制動装置(ブレーキ)として使用されている摩擦ブレーキ材料は輸送機器の安全性を担う極めて重要な材料である。ブレーキ用摩擦材には要求される諸特性を満たす為に、多くの原材料(数 10 種類)が配合されている[1]。近年の輸送機器の高性能化・高速化に伴い、安全性は当然のこと種々のブレーキ性能に対する要求がますます高くなってきており、特に輸送機器が静粛化していることから、ブレーキ作動時に摩擦界面を起振元として発生する NV 現象は、快適性に関わるため自動車メーカー・ブレーキメーカーで大きな問題となっている。また今後、静粛性の高いハイブリッド車や電気自動車の普及で NV 問題はますます重要視されてくると予想される。通常、NV 問題を改善するためには、配合する材料の種類、大きさ、硬度、形状等の変更、また配合する材料の割合の変更、製造条件の変更等を試みる事が多い。ところで、摩擦材は多彩な種類(有機物、無機物、金属、繊維、セラミックス等)の原材料を含有するため、様々な種類の微小な空隙(数~数 10 μ m 径)が存在する。近年の研究によって、この微小な空隙と NV 現象が関連あることが分かってきた。従来、この空隙を評価する手法として水銀圧入法を用いていたが、空隙の大まかな量と大きさの分布のみしか分からず、空隙と NV 現象の関係を明確化するには不十分であった。

本研究は、空隙と NV 現象の関係を解明するための 1 つの手段として、SR-CT を用いた摩擦材中の空隙を解析する手法を開発し、空隙部がどのような材料の周囲に存在しているか、どのような形状で存在しているか、どのように分布しているかという配合材料と空隙の関係を明確化することを目的とする。

2. 実験

前回、2007 年 3 月に SPring-8 の BL47XU 実験ハッチ 2 に設置されている高分解能 X 線 CT 装置を利用して、各種ブレーキ用摩擦材の CT 測定を行った。その結果、摩擦材中に含有されている各種の配合材料の識別が可能な CT 像の測定に初めて成功した[2]。しかし空隙部位を画素値の閾値を設けて抽出し、正確に空隙率の数値化をすることは困難であることが分かった。そこで、戸田らが開発したガリウム修飾によるマイクロ組織可視化技術[3] [4]を応用して、空隙部位に配合材料と線吸収係数(LAC ; Linear Absorption Coefficient)が離れているガリウム金属を圧入したサンプルを用いることで、摩擦材中の空隙部位を正確に抽出することを試みた。

図 1 に測定の流れを示す。

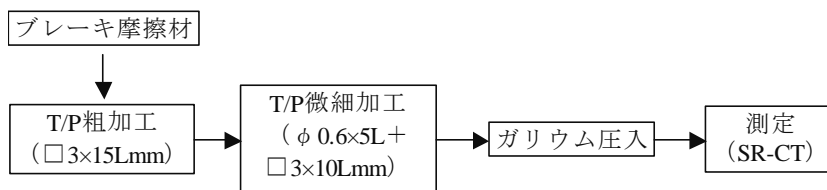


図 1. 測定の流れ

2-1. 測定試料

摩擦材： 乗用車ディスクブレーキ用パッド NAO(ノンアスベスト)材

2-2. サンプル加工手順

- 1) ブレーキパッドの摩擦材部分を機械加工にて□3×15Lmmの大きさに切り出す
- 2) 先端5mmを精密な機械加工にてφ0.6mmの円筒状に加工

2-3. 液体金属の圧入

- ・ 圧入装置： PORE SIZER 9320((株) 島津製作所 製)
- ・ サンプル設置： 水銀圧入気孔率測定用のセル(10cc)内に上記加工済のサンプルを入れる
- ・ 圧入条件： 圧力 200kg/cm²、温度 60℃(圧力媒体の油温)
- ・ 液体金属： ガリウム(融点約 30℃)
- ・ 液体金属の量： 約 5cc

2-4. SR-CT 測定条件

表 1. SR-CT 測定条件の一覧表

	条件
入射エネルギー	35 keV
検出器	BM3 (×20) + C4880-41S
ピクセル数	2000×1312 (2×2 binning mode)
ピクセルサイズ	0.5 μm/pixel
投影数	1800
試料-検出器距離	20 mm
露光時間	300 ms/投影
全スキャン時間	約 30 min.

3. 結果および考察

図 2 に測定結果例を示す。塊状の有機材料 A の周囲にはガリウムの存在が確認できることより、有機材料 A の周囲には空隙が存在すると思われる。またマトリクス中にも平面状に空隙が存在すると思われる。この様に液体金属を摩擦材中に含浸することで空隙の部位が特定できることが分かった。

ただし液体金属を圧入する過程で、材料が変形している可能性があるため本手法による空隙の定量化は難しいと考えられる。

またガリウムは腐食性があるので、摩擦材に配合されている金属への侵食が懸念されるが、本実験では圧入直後から CT 測定直前までガリウム融点以下に冷却保存したため、空隙以外の部位へのガリウム含浸はないと考えられる。

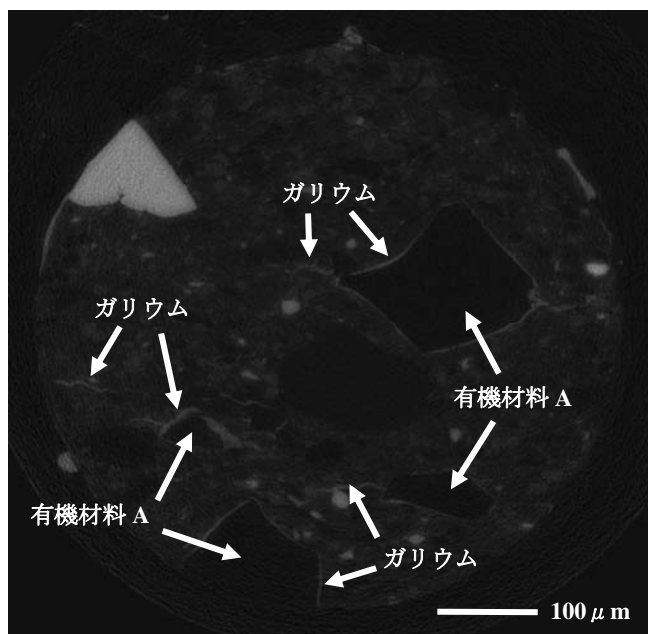


図 2. ガリウムを圧入した摩擦材の SR-CT 像

4. 今後の課題

空隙量を定量的に評価する手法の開発(対象：圧入してない摩擦材)

- ・ 位相コントラスト法での測定条件の更なる最適化
- ・ 屈折イメージング法の適用

本研究を進めるにあたって御指導を頂いている上杉健太郎博士(JASRI)に深謝致します。

参考文献：

- [1]佐々木要助、高木康夫：まてりあ **44**(2005) 832.
- [2]高木康夫、羽鳥公一、林一雄：SPring-8 利用報告書、2007A1021 (2007).
- [3]T.Ohgaki, H.Toda, I.Sinclair, *et al.*: Mater. Sci. Engng. A **406** (2005) 261.
- [4]M.Kobayashi, H.Toda, K.Uesugi, *et al.*: Phil. Mag. **86** 28 (2006) 4351.