

2019 年度自転車等研究開発普及事業  
事業実施報告書

# キャリパブレーキ用ブレーキブロックの 摩耗調査 [第 1 報]

2020 年 3 月

一般財団法人 自転車産業振興協会 技術研究所

## 目次

1. 事業実施の背景と目的 .....	2
2. 実走行時の減速度測定 .....	2
2.1 測定概要 .....	2
2.2 測定条件 .....	2
2.3 測定結果 .....	3
3. ブレーキブロック摩耗試験 .....	4
3.1 試験概要 .....	4
3.2 試験条件 .....	5
3.3 試験結果（乾燥時） .....	6
3.3.1 ブロック、リムの外観変化 .....	6
3.3.2 ブレーキレバー操作力推移・ブロック摩耗量 .....	8
3.4 試験結果（水濡れ時） .....	9
3.4.1 ブロック、リムの外観変化 .....	9
3.4.2 ブレーキレバー操作力推移・ブロック摩耗量 .....	9
4. 考察 .....	10
4.1 乾燥時のブロック摩耗について .....	10
4.2 ブロック寿命相当の走行距離について .....	11
4.3 水濡れがブロックの摩耗に与える影響について .....	11
5. まとめ .....	12

## 1. 事業実施の背景と目的

JIS D 9301:2019 (一般用自転車) 5.2.5 制動性能ではブレーキの制動性能については規定されているが、ブレーキブロック(以下ブロックと呼ぶ)の状態に関する規定はない。また、使用に伴うブロックの摩耗と制動性能の変化についての詳細は明らかではない。そこで今回は、国内で広く普及しているシティ車用のキャリパブレーキ用ブロックの調査を行った。ブロックの種類、乾燥や水濡れといった使用環境、制動時の減速度(制動力)の違いがブロックの摩耗に与える影響について調査した。詳細を以下に示す。

## 2. 実走行時の減速度測定

### 2.1 測定概要

今回の試験には、JIS D 9313-2:2019 (自転車-第2部:制動装置の試験方法) 4.6.5 試験機による試験方法に規定されているブレーキの減速度(制動力)を測定する装置(以下では制動試験機と呼ぶ)を用いた。任意の減速度で試験を行うこともできるが、実使用時の条件に近づけるため実走行時に前輪ブレーキに生じる減速度の測定を行った。

まず、制動試験機上で制動時にブレーキアームに生じるひずみを測定し、ひずみ-制動力の変換係数を算出した。次に、同じ自転車を用いて、実走行時に生じるひずみを測定した。得られた制動時のひずみを先に求めた変換係数を用いて制動力に変換し、実走行時の減速度を算出した。

### 2.2 測定条件

今回の測定には26インチのシティ車を用いた。図1に示すようにシティ車の前輪ブレーキアームにひずみゲージを貼り付け、制動時に発生するひずみを測定した。ひずみ測定には(株)東京測器研究所製のマルチレコーダ TMR-200 を用い、サンプリング周期は5 ms とした。ひずみゲージは(株)共和電業製の KFR 箔ひずみゲージ(120 Ω、単軸)を使用し、測定は1ゲージ法とした。

ひずみ-制動力変換係数の測定では、ブレーキレバーの操作力を40 N ~ 80 N まで10 N 刻みで変化させた際に生じる制動力、ブレーキアームひずみをそれぞれ制動性能試験機、マルチレコーダにて測定した。

実走行での減速度測定時には、ブレーキレバー操作時のひずみ、走行速度もあわせて測定した。走行時のシティ車の質量は、乗員とマルチレコーダ、車重を合わせて78 kgであった。実際に走行したルートを図2に示す。走行ルートは自転車道や自転車専用通行帯、住宅街の生活道路等自転車の通行量が多いルートを選んだ。



図1 ひずみゲージ貼り付け位置



図2 走行ルート（約 12 km）

### 2.3 測定結果

図3に制動試験機で測定した、制動時にブレーキアームに生じたひずみと制動力の関係を示す。両者に高い相関が確認できたことから、ひずみ-制動力の変換にはグラフ中に示す回帰式を用いた。

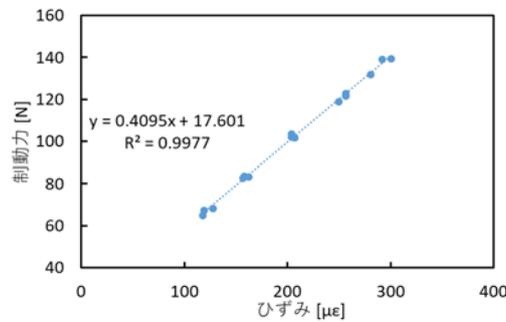


図3 ひずみ-制動力変換係数

図4に実走行時にブレーキアームに生じたひずみの測定結果の一例を示す。横軸が時間、縦軸左がひずみ、縦軸右が走行速度である。図4の様な走行記録より得られた制動時のひずみを、前述の回帰式を用いて制動力に変換し、走行時の車両質量で除して減速度を求めた。走行時の減速度のヒストグラムを図5に示す。平均減速度は  $1.0 \text{ m/s}^2$ 、最大減速度は  $1.8 \text{ m/s}^2$  であった。ヒストグラムに極端な偏りがないことから、これらの値をブレーキ摩耗試験の目標減速度とした。また、走行時の平均走行速度は  $16 \text{ km/h}$ 、ブレーキ操作回数当たりの走行距離は  $0.2 \text{ km/回}$  であった。

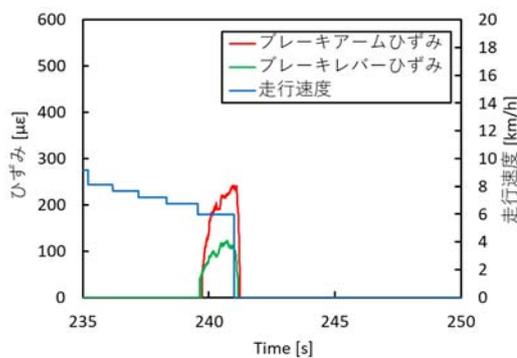


図4 走行データ（信号停止時）

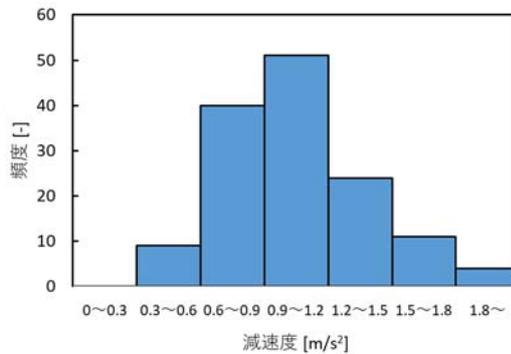


図5 減速度のヒストグラム

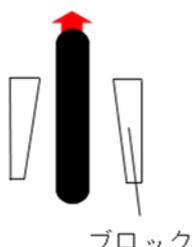
### 3. ブレーキブロック摩耗試験

#### 3.1 試験概要

調査の第1報として、キャリパブレーキに使用されるブロックの乾燥/水濡れ時の摩耗試験を実施した。試験には第2章で用いたものと同じ26インチのシティ車を用いた。ブロックには様々な種類があるが、今回は市場で手に入りやすい3種類のブロック（以下ではA、B、Cと呼ぶ）を使用した。ブロックの特徴を表1に示す。Bにはリムの回転方向にトーインが、Cにはリム制動面の傾きを考慮したと思われるキャンバーが設けられていた。

リムの材質はシティ車によく採用されているアルミ合金製リム（以下アルミリムと呼ぶ）で、スポーク数は36本である。リム制動面のおおよその粗さ（JIS B 0601:2001 製品の幾何特性仕様（GPS）- 表面性状:輪郭曲線方式 - 用語、定義及び表面性状パラメータ）を知るために、試験に用いたものと同じ種類のリムを切り出し、触針式の粗さ計でリム半径方向の粗さを測定した。測定した粗さ曲線と代表的なパラメータを図6、表2に示す。なお、商品テストを目的としていないため、リム、ブロックに関する詳細は公表しない。

表1 ブレーキブロックの特徴一覧

	A	B	C
表面パターン	溝	平面	凹凸
トー、キャンバーの有無	無	トーイン有 回転方向 	キャンバー有 
面積比 (Aを1とした場合)	1.0	1.3	0.96
硬度 * 1	63	62	65

\*1 テックロック製 GS-751 TYPE C にて測定 密着した際の最大値を読み取り 5点測定の中央値

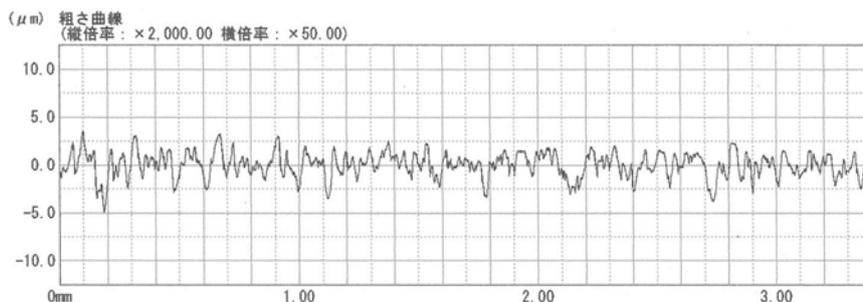


図6 リム制動面の粗さ曲線（半径方向）

表 2 リム制動面粗さ（半径方向）測定結果

[ $\mu\text{m}$ ]

	算術平均粗さ ( $R_a$ )	十点平均粗さ ( $R_{zj18}$ )	最大高さ ( $R_z$ )	最大山高さ ( $R_p$ )	最大谷深さ ( $R_v$ )
測定値	2.33	4.63	6.17	2.51	3.66

### 3.2 試験条件

摩耗試験には図 7 に示す制動試験機を用いた。ブレーキ操作回数 500 回ごとにリムの外觀確認、ブロックの摩耗量（質量）測定を行い、ブレーキ操作回数が 3000 回に達するまで試験を実施した。試験中は、目標減速度を維持するようにブレーキレバーの操作力を制御し、レバー操作力と減速度を記録した。

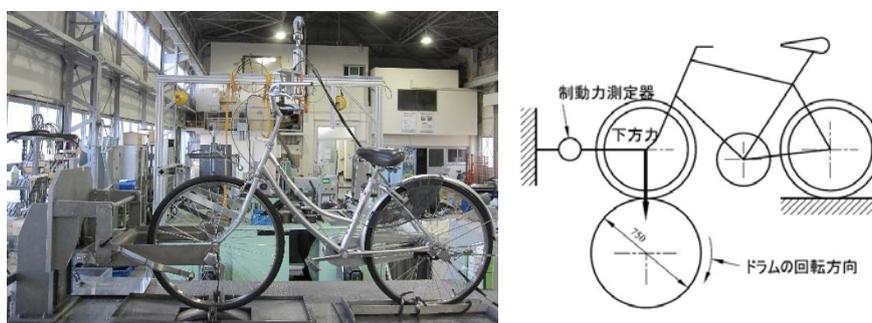


図 7 制動試験機概略

今回の試験では、表 3 に示すように乾燥/水濡れ時合わせて 9 通りの条件で試験を実施した。JIS D 9313-2:2019（自転車-第 2 部：制動装置の試験方法）4.6.5 試験機による試験方法に従いブレーキレバーの操作時間、操作間隔はそれぞれ 2.5 s と 60 s、水濡れ試験で噴霧する水量は 4 ml/s 以上とした。水濡れ試験時は制動時の摩擦熱が噴霧した水によって冷却されるため、ブレーキ操作間隔を乾燥時より短い 20 s とした。

初期条件を統一するため、試験条件ごとに前輪リム、タイヤ、ブレーキワイヤ、ブロックを新しいものに交換した。また、試験前にブロックとリムの間隔が 1 mm となるように調整した。ブレーキレバー、ブレーキアームは全試験を通して同じものを用いた。

表 3 ブレーキ摩耗試験条件

ブロック	A	B	C
試験速度	16 km/h		
減速度（乾燥時）	2 条件（ $1.8\text{m/s}^2$ $1.0\text{m/s}^2$ ）		
減速度（水濡れ時）	1 条件（ $1.0\text{m/s}^2$ ）		

### 3.3 試験結果（乾燥時）

#### 3.3.1 ブロック、リムの外観変化

ブロックの種類によって試験後のブロックやリムの摩耗状態に違いが確認できた。A と C のブロックは試験回数が増加するほど図 8 に示すようなリム片の埋め込みやブロック表面の欠損が増加したが、B のブロックは制動面が黒く変色した程度であった。リム制動面にも違いが確認できた。目標減速度  $1.8 \text{ m/s}^2$  で試験時のリム制動面の変化を表 4 に示す。リム片の埋め込みが確認できた A、C のブロック試験時には、1500 回時点でリム制動面に爪にかかる程度の摩耗痕が確認できた。摩耗痕は、ブロックに埋め込まれたリム片が制動時にリムと接触する位置に発生しており、制動時にリムとブロック間にリム片が挟まることで発生したと思われる。一方で、B のブロックでは試験終了後のリム内周にわずかな摩耗痕が確認できた程度であった。

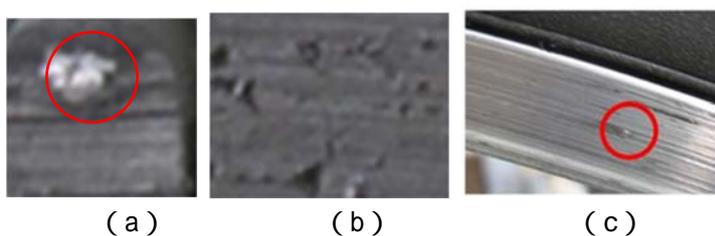


図 8 試験後の外観 (a) リム片の埋め込み (b) ブロックの欠損 (c) リム表面の欠損

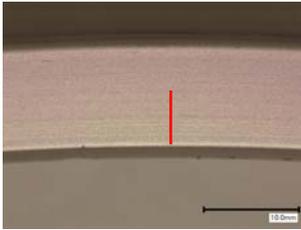
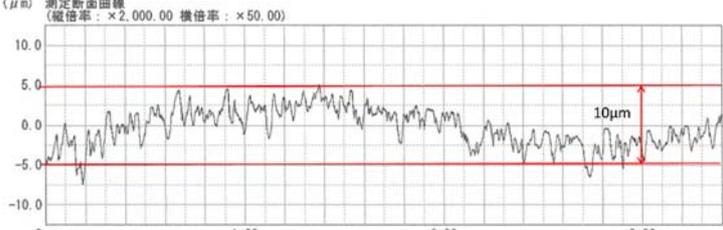
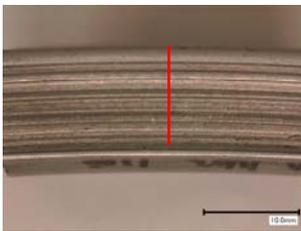
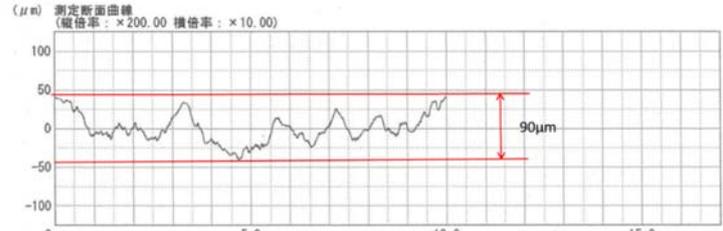
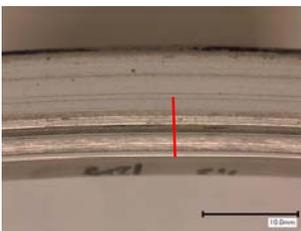
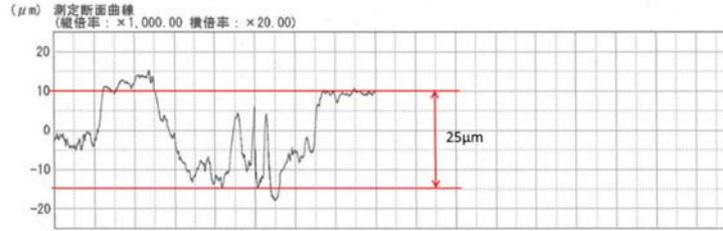
表 4 試験時のリム制動面の変化

	ブロック A	ブロック B	ブロック C
500 回			
1500 回			
3000 回			

試験後のリム制動面の状態を確認するために、触針式の粗さ計を用いてリム半径方向の断面形状測定を行った。ブロック摩耗量が最も多かった A と少なかった B のブロック摩耗試験で使用したリムの測定を行った。初期状態と比較するために、未使用のリムも測定した。切り出し後のリム制動面外観と断面形状測定結果を表 5 に示す。

試験後のリム制動面には、未使用のものには確認できなかった円周方向の摩耗跡が見られた。断面曲線の変動幅はブロック A で最大約 90  $\mu\text{m}$ 、ブロック B で約 25  $\mu\text{m}$  であり、ブロック摩耗量が多いほどリムの摩耗も大きい傾向にあった。なお、リムの肉厚は最も薄い箇所 1.5 mm であり、摩耗量の大きかったブロック A の試験で用いたリムは厚さ方向に最大で 6% 程度摩耗したことになる。

表 5 リム制動面の断面曲線比較

	リム制動面 *1	断面曲線
未使用		
ブロック A		
ブロック B		

\*1 赤線が粗さ計で測定した範囲

### 3.3.2 ブレーキレバー操作力推移・ブロック摩耗量

試験中のブレーキレバー操作力とブロック摩耗量累計(左右ブロック摩耗量合計)の推移を図9に示す。縦軸左が操作力、右が摩耗量である。摩耗量測定のため500回ごとにブロックを取り外しているため、操作力が変動している箇所があるが、試験を通してブロックの摩耗に起因する操作力の急激な変化(制動性能の変化)は見られなかった。

一方で、ブロックの摩耗量には大きな差が確認できた。A、Cのブロックは試験回数の増加に伴い摩耗量も増加したのに対して、Bのブロック摩耗量は毎回ほぼ一定であった。表6に操作回数当たりのブロック摩耗量を示す。最も摩耗量の多かったAの摩耗量は、少なかったBの約7.1倍であった。

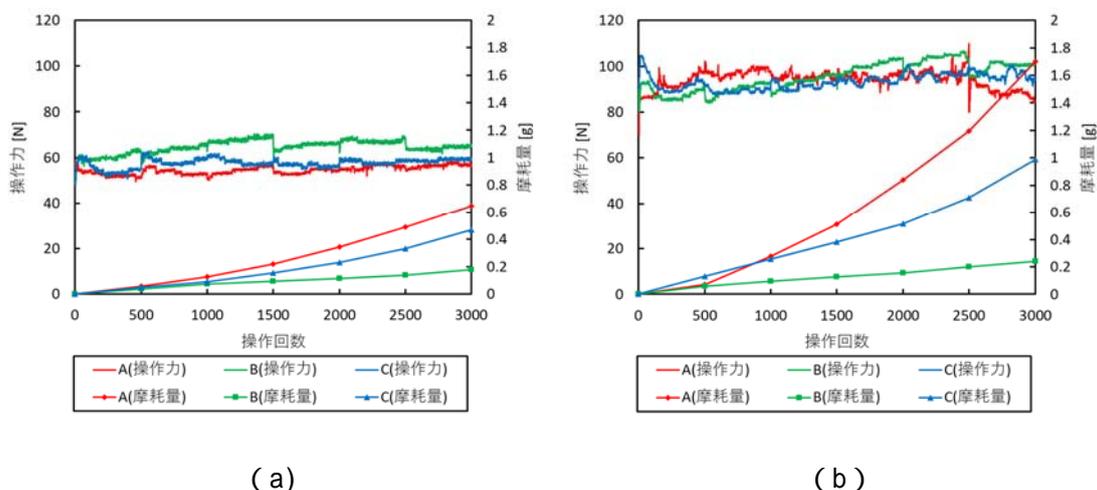


図9 操作力・摩耗量推移 (a) 減速度 1.0 m/s<sup>2</sup> (b) 減速度 1.8 m/s<sup>2</sup>

\*図9(b) Aのブロック試験時にブレーキワイヤ固定ナットが緩んだ2500回付近で操作力が大きく変動

表6 操作回数当たりの摩耗量

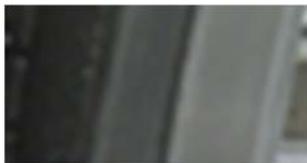
	A	B	C
減速度 1.0 m/s <sup>2</sup>	0.22 mg/回	0.06 mg/回	0.16 mg/回
減速度 1.8 m/s <sup>2</sup>	0.57 mg/回	0.08 mg/回	0.33 mg/回

### 3.4 試験結果（水濡れ時）

#### 3.4.1 ブロック、リムの外観変化

水濡れ試験後のリム外観を表7に示す。ブロックの種類によらず、乾燥時に見られたリム制動面の摩耗痕は確認できなかった。また、図8に示したようなブロック制動面のリム片の埋め込みや欠損も確認できなかった。ただし、Aのブロックは溝深さが残り2mmまで、Cのブロックは表面の凸部がなくなるまで激しく摩耗していた。Bのブロックに関しては乾燥時と同じく表面が変色した程度であった。

表7 水濡れ試験後のリム外観

	ブロック A	ブロック B	ブロック C
リム外観			

#### 3.4.2 ブレーキレバー操作力推移・ブロック摩耗量

図10に水濡れ試験でのブレーキ操作回数当たりのブロック摩耗量、ブレーキ操作力と減速度の推移を示す。目標減速度を維持できなかったBとCのブロックは操作力が180Nを超えた時点で試験を停止している。水濡れ時の摩耗試験では、各ブロックの制動性能（減速度）や摩耗量に大きな差が確認できた。A、Cのブロックは減速度が低下しても、操作力が増加すると目標減速度を維持したが、激しく摩耗した。ただし、Cのブロックはブロック制動面の形状が崩れ、試験途中で制動力が低下した。他方、Bのブロックは操作力が増加しても目標減速度を維持することはできなかったが、摩耗量は少なく、他のブロックの約1.4%であった。

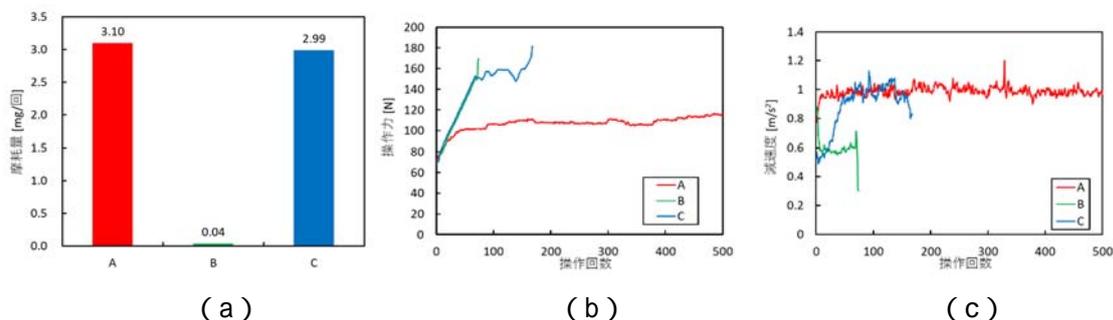


図10 水濡れ試験結果 (a) ブレーキ操作回数当たりのブロック摩耗量  
(b) ブレーキレバー操作力推移 (c) 減速度推移

## 4. 考察

### 4.1 乾燥時のブロック摩耗について

乾燥時のブロック摩耗試験結果の概要を表 8 に示す。また、500 回ごとの摩耗量推移、ブロック硬度-摩耗量の関係を図 11 に示す。試験結果より以下のことがわかった。

- ・減速度  $1.0 \text{ m/s}^2$  よりも必要なブレーキ操作力が高い減速度  $1.8 \text{ m/s}^2$  の条件でブロック摩耗量が増加した。
- ・A と C のブロックは 500 回と 3000 回時点での摩耗量に大きな差が生じたのに対し、ブロック B の摩耗量は毎回ほぼ一定であった。
- ・リム片の埋め込みや表面の欠損が確認できたブロックは摩耗量が大きく、リム制動面の摩耗も大きい傾向にあった。

以上の結果より、乾燥時のブロック摩耗は以下のような因子の影響を受けると考える。

- ・ブレーキ操作力が増加すると摩耗量も増加する。
- ・制動時にブロック、リム間にリム剥離片が挟まることで、両者の摩耗が促進される。

なお、図 11 (c) に示したようにブロック硬度と摩耗量の間に関係が確認できなかったのは、各ブロックの硬度差が小さいことや、ブロックの耐熱性や耐摩耗性の改善を目的とした添加剤の違い等が影響しているものと考えられる。

表 8 乾燥時のブロック摩耗試験結果概要

		ブロック A	ブロック B	ブロック C
リム制動面の摩耗		全面	内周のみ	全面
ブロック表面の欠損		有	無	有
リム片の埋め込み		有	無	有
ブロック摩耗量 (3000 回累計)	減速度 $1.8 \text{ m/s}^2$	1.7 g	0.24 g	1.0 g
	減速度 $1.0 \text{ m/s}^2$	0.65 g	0.18 g	0.47 g

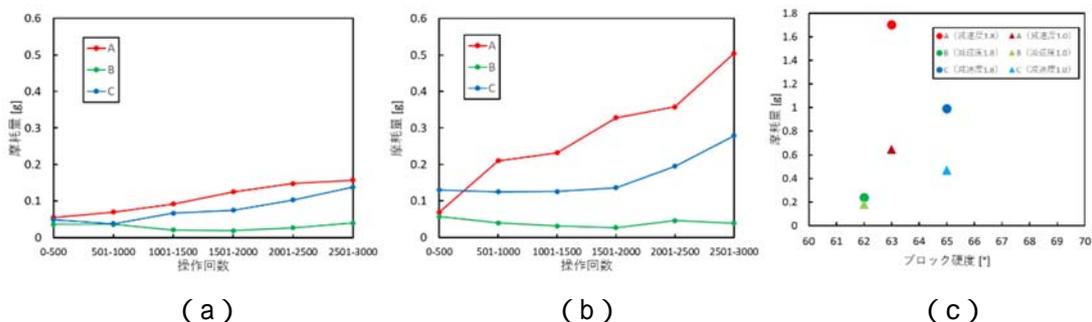


図 11 乾燥時試験結果 (a) 減速度  $1.0 \text{ m/s}^2$  での摩耗量推移 (b) 減速度  $1.8 \text{ m/s}^2$  での摩耗量推移 (c) ブロック硬度-摩耗量比較

#### 4.2 ブロック寿命相当の走行距離について

摩耗試験で得られたブロック摩耗量から、概算ではあるがブロックの寿命に相当するブレーキ操作回数を求めた。さらに、走行データより求めた走行距離当たりのブレーキ操作回数(0.2km/回)より、ブロック寿命相当の走行距離を算出した。結果を表9に示す。なお、ブロックの寿命として交換推奨とされる溝深さが残り1mmに達するまでの摩耗量、ブロックの密度を一般的なゴムの密度である $1\text{ g/cm}^3$ として計算した。実走行時の平均減速度 $1.0\text{ m/s}^2$ でのブロック寿命が911~4,244kmであることから、自転車本体より先にブロックが寿命に達する可能性がある。ただし、走行時の減速度やブレーキ操作回数は搭乗者や走行経路に大きく依存するため、寿命に相当する走行距離に関してはさらなる検討が必要である。

表9 ブロックの寿命相当の操作回数、走行距離

	減速度 $1.8\text{ m/s}^2$		減速度 $1.0\text{ m/s}^2$	
	操作回数 [回]	走行距離 [km]	操作回数 [回]	走行距離 [km]
A	4,755	951	12,501	2,500
B	15,828	3,166	21,222	4,244
C	2,964	593	4,554	911

#### 4.3 水濡れがブロックの摩耗に与える影響について

乾燥/水濡れ時の試験中の平均ブレーキ操作力、操作回数当たりのブロック摩耗量を比較したものを図12に示す。AとCのブロックは水濡れによって乾燥時と同じ減速度を維持するのに必要なブレーキ操作力が約2倍、摩耗量はそれぞれ14倍、19倍と急激に増加している。一方でBのブロックは目標の減速度を維持できず、摩耗量は乾燥時と同程度であった。両者の違いとしてブロック表面パターンや表面積の違い等が挙げられる。

Bのブロックは他のブロックと比較して表面積が大きく平面であるため、制動時のブロック、リム間の水が排除されにくく、制動力が低いいため摩耗が抑制されたと考える。

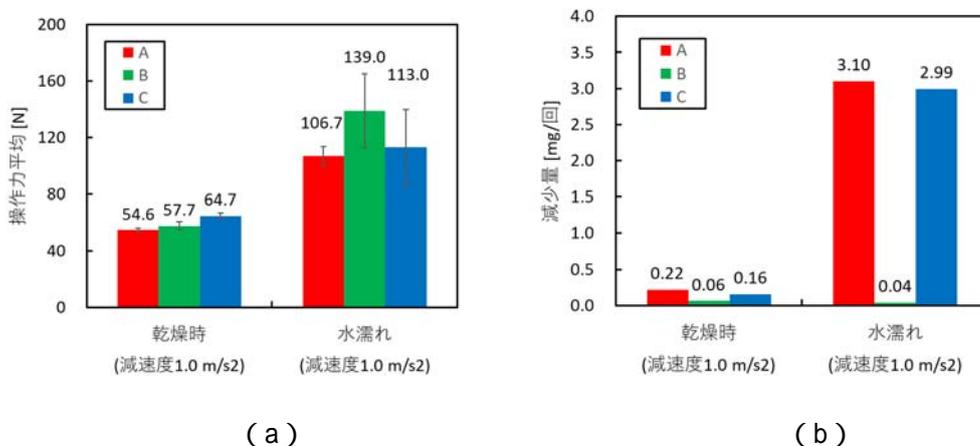


図12 乾燥時-水濡れ時試験結果比較 (a) 平均操作力比較 (b) 摩耗量比較

## 5. まとめ

キャリパブレーキに使用されるブロックの摩耗試験を実施し、減速度（制動力）や水濡れがブロックの摩耗に与える影響を調査した。まとめを以下に示す。

- ・今回測定した 2 条件では、ブレーキ操作力が大きくなると乾燥時のブロック摩耗量も増加した。
- ・制動時のブロック-リム間のリム剥離片といった異物の有無が、ブロック摩耗に大きな影響を与える。
- ・水濡れによって摩耗量が増加するブロックとそうでないものが確認できた。ブロックの表面積や表面パターンが制動力だけではなく、摩耗量にも影響を与える可能性が示唆された。

以上の結果から、実使用時にはブロック-リム間に異物（砂等）が挟まった場合や、雨天時にブロックやリムが急激に摩耗する可能性があるため、定期的な点検を行うのが望ましい。今後はリム材質がブロックやリムの摩耗量に与える影響について調査予定である。