

# 衝突試験機による車輪の衝突試験

—平成27年度 自転車等研究開発普及事業—

一般財団法人 自転車産業振興協会 技術研究所

## 1. はじめに

平成25年度に試験評価調査、製品確認試験を行うため、UCI 準拠の車輪及び完成車の衝突試験に必要な評価装置を開発した。

従来、車輪の破壊検査は、主にレース用カーボンホイールの評価を目的として、衝突試験で実施されてきたが、現在、UCI 規則の改正作業に対し、CEN TC333（自転車）WG8において、アルミ合金製ホイール等も含め、車輪へのおもりの垂直落下試験【Vertical drop test(neutralization of rebound of the anvil)】で評価することが審議されている。

そこで、車輪へのおもりの垂直落下試験の損傷状況と比較するためのデータの蓄積として、車輪の衝突試験を実施したので、以下に報告する。

## 2. 評価装置概要

評価装置はUCI 規則 第1.3.018条 車輪の破壊検査（集団スタートのレース、ロード、シクロスで使用する車輪はUCIの事前承認が必要で、破壊検査に合格しなければならない）に使用する衝突試験機をベースとした。試験機の外観と概要を図1及び写真1～2に、試験機の概要を表1に示す。

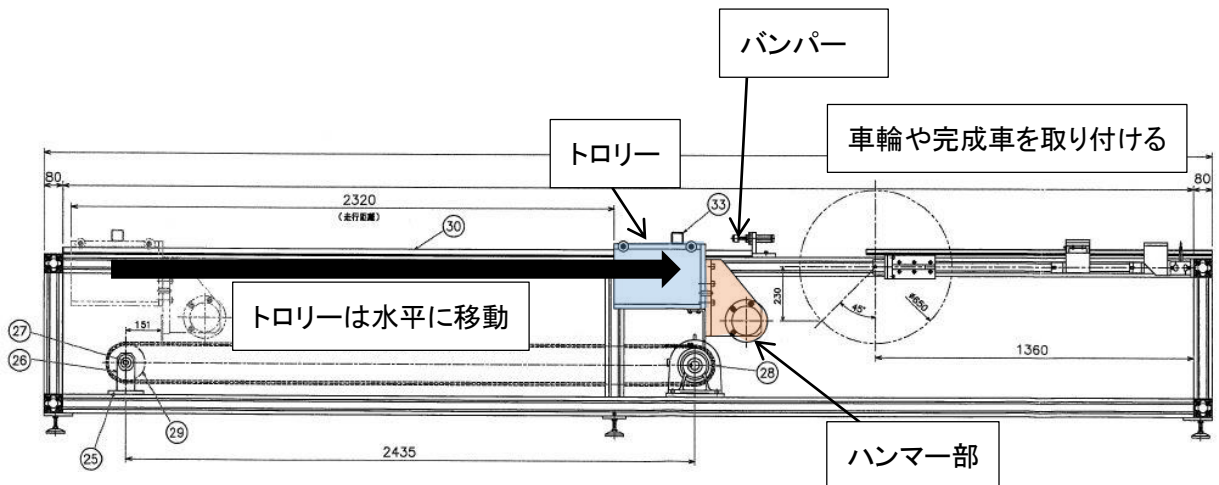
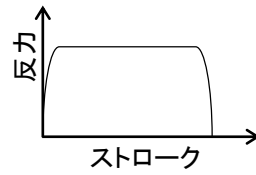




写真1 衝突試験機外観



使用するバンパーの特性は、左図のようにストロークによらず、反力が一定

衝突時からバンパーが作用する位置に設定

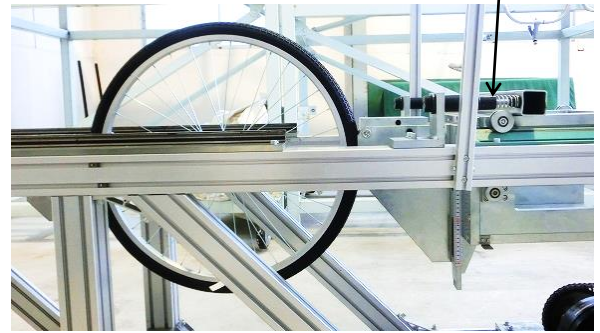


写真2 バンパーの設置位置

表 1 試験機の概要 (UCI 準拠)

<p>トロリーのハンマー部の配置を変えることで2パターンの衝撃付与が可能。  A (impact test) : 中央の高さで車輪に衝撃を加える。前面からの衝撃を模擬する。  B (edge test) : A よりも低位置で車輪に衝撃を加える。歩道の縁石や道に空いた大きな穴で受ける衝撃を模擬している。水平より 45 度下方で衝撃を与える。</p>
<p>トロリーは水平に移動する。インパクトの瞬間の速度は 10km/h。トロリーの全質量は 100kg  車輪と衝突した時、トロリーは変形が生じないような材質、構造</p>
<p>車輪とトロリーのハンマー部間の接触面は制限されている。ハンマーの前端部で、緩衝材は垂直端 (impact test) 、あるいは円端 (edge test) で車輪に衝撃を与える</p>
<p>試験機には、車輪とハンマーの間のコンタクト・ポイントの両側の場所に二つのバンパーが備わっている。バンパーには車輪のクランプ部の破損を避けるためトロリーを止めるのに加え、車輪自体に吸収されるエネルギー量を制限するという2つの機能を有する</p>
<p>車輪は、ハブ軸によって衝撃試験機に固定される。車輪は、ハブ軸まわりで自由に回転することができ、タイヤを装備する。</p>

### 3. 供試品

表2に衝突試験に用いた供試品を示す(以降は表2記述のNo.及び名称にて表す)。今回評価に用いた車輪はすべて前輪であり、No.3ロード用車輪以外、スポークはタンジェント組であった。ピスト用車輪は、スポーク張力2水準にて評価を実施した(No.4、5)。スポーク張力の実測結果を表3に示す。なお、本報告書では車輪・タイヤの製造者等は公表しない。

表2 供試品

No.	名称	車輪径	スポーク本数(本)	スポーク形状	リム材質	備考
1	シティ車用 ステンレス	26×1 3/8	36	No.14 φ2.0	ステンレス	
2	シティ車用 アルミ	26×1 3/8	36	No.14 φ2.0	アルミ合金	
3	ロード用	700×23C	16	エアロ	アルミ合金	ラジアル組
4	ピスト用 600N	700×22C (チューブラー)	36	No.15/16 バテッド	アルミ合金	スポーク張力 600N 狙い
5	ピスト用 1000N					スポーク張力 1000N 狙い

表3 ピスト用 スポーク張力実測結果

供試品		スポーク張力(N)		使用試験
		平均値	標準偏差	
No.4 ピスト用 600N	①	622	40	impact test スポーク間
	②	637	40	impact test スポーク位置
	③	627	42	edge test スポーク間
	④	611	45	edge test スポーク位置
No.5 ピスト用 1000N	①	999	66	impact test スポーク間
	②	1038	58	impact test スポーク位置
	③	1024	73	edge test スポーク間
	④	1037	44	edge test スポーク位置

#### 4. 試験条件

試験は UCI 規則に規定されている条件で行った。試験条件を表 4 に、車輪と衝突部の位置関係を図 2、3 に示す。今後実施する予定の車輪へのおもりの垂直落下試験と損傷状況を比較するため、衝突させる箇所は、バルブから 90° の位置とした。また、スポーク間、スポーク位置で損傷状況の比較を行った（写真 3、4）。

表4 試験条件

	条件			
	トローリ重量(kg)	100		
インパクト時速度(km/h)	10			
タイヤ空気圧(kPa)	300 (No.1,2 シティ車用ステンレス,アルミ) 700 (No.3 ロード用 ,No.4,5 ピスト用)			
ポジション	A		B	
	impact test		edge test	
衝突部形状	正面衝突		水平より 45° 下方	
衝突部形状	フラット		円筒(R 形状)	
車輪衝突位置	バルブから 90° 位置の スポーク間	バルブから 約 90° 位置の スポーク位置	バルブから 90° 位置の スポーク間	バルブから 約 90° 位置の スポーク位置

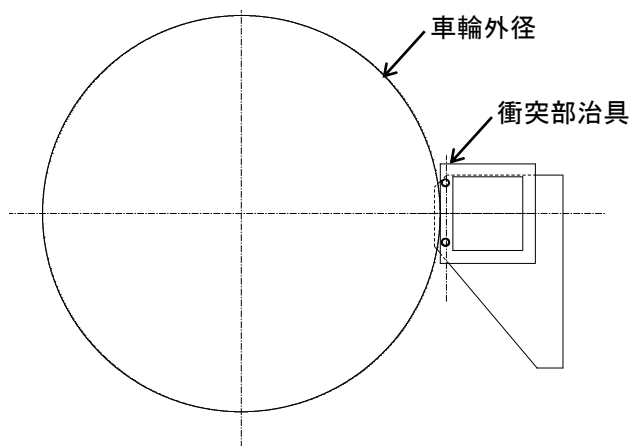


図2 impact test 車輪と衝突部の位置関係

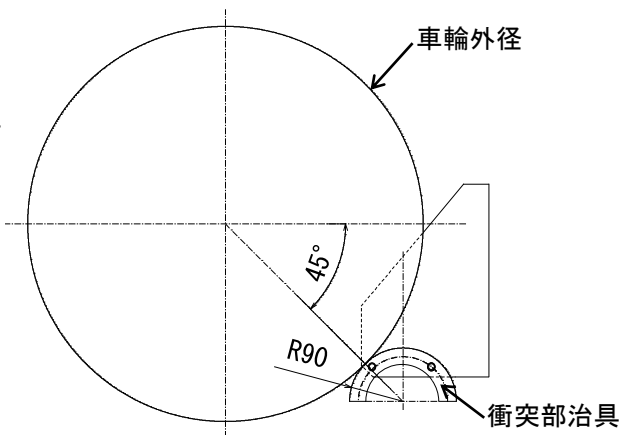


図3 edge test 車輪と衝突部の位置関係

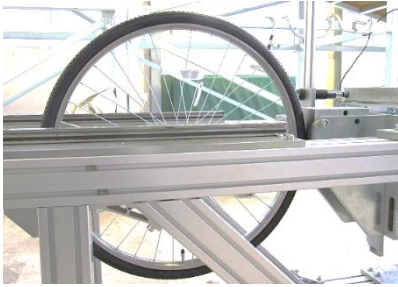


写真3. 1 impact test 車輪とトロリーの接触状態



写真3. 2 impact test  
(スポーク間)



写真3. 3 impact test  
(スポーク位置)



写真4. 1 edge test 車輪とトロリーの接触状態

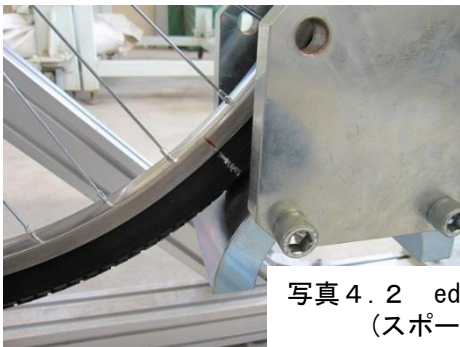


写真4. 2 edge test  
(スポーク間)

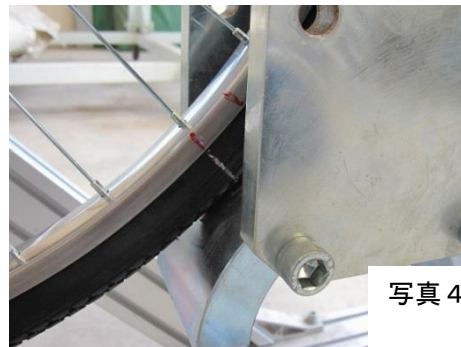


写真4. 3 edge test  
(スポーク位置)

## 5. 試験結果

### 5.1 外観状況

参考のため実施したカーボンホイールでの正面衝突の外観状況を表5に、各供試品の外観状況を表6～15に示す。各表中のトロリー衝突後の写真において、右側の←で示しているところが衝突位置である。

### 5.2 リム内径変化量

衝突前後のリム内径変化量の測定結果を表16～17、図4～7に示す。

表5 参考供試品(カーボンホイール) impact test 外観状況






衝突位置		バルブ位置	
外観状況	トロリー衝突時		
	トロリー衝突後		
		*2 箇所の黒塗りは表示の塗潰し	
		*3 箇所の黒塗りは表示の塗潰し	
UCI基準	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK	
	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および/または第三者を傷つけることがあるか	OK	
	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK	
その他破損状況	タイヤ	・ 破損なし	
	リム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外径側 1 箇所破断 (a)</li> <li>・ 両側面外径側破断 (b, c)</li> <li>・ 衝突部周辺内径側分離 (a)</li> </ul>   	
	スポーク	・ 破損なし	
	ハブ	・ 破損なし	

表 6 供試品 No.1(シティ車用ステンレス) impact test 外観状況

衝突位置		スポーク間	スポーク位置
外観状況	トロリー衝突時		
	トロリー衝突後		
UCI基準	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK	OK
	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK	OK
	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK	OK
その他破損状況	タイヤ	・ 破損なし	・ 破損なし
	リム	・ 衝突部が内径側に少し変形	・ 衝突部が内径側に少し変形
	スポーク	・ 変形なし ・ 衝突部から上下各2本の張力にゆるみあり	・ 変形なし ・ 衝突部1本とその上下各1本の張力にゆるみあり
	ハブ	・ 破損なし	・ 破損なし



表7 供試品 No.2(シティ車用アルミ) impact test 外観状況





衝突位置		スポーク間	スポーク位置
外観状況	トロリー衝突時		
	トロリー衝突後		
UCI基準	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK	OK
	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK	OK
	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK	OK
その他破損状況	タイヤ	・破損なし	・破損なし
	リム	・衝突部が内径側に少し変形	・衝突部が内径側に少し変形
	スポーク	・変形なし ・衝突部から上下各2本の張力にゆるみあり	・変形なし ・衝突部1本とその上下各1本の張力にゆるみあり
	ハブ	・破損なし	・破損なし

表 8 供試品 No.3(ロード用) impact test 外観状況

衝突位置		スポーク間	スポーク位置
外観状況	トロリー衝突時		
	トロリー衝突後		
UCI基準	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK	OK
	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK	OK
	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK	OK
その他破損状況	タイヤ	・ 破損なし	・ 破損なし
	リム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 衝突部が内径側に変形</li> <li>・ 衝突部から上下 2 箇所目、下側 4 箇所目のニップル穴に円周方向のつぶれあり</li> <li>・ 衝突部から下側 6 箇所目のニップル穴に内径側からのクラックあり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 衝突部が内径側に変形</li> <li>・ 衝突部のニップル穴に内径側からのクラックあり</li> </ul>
	スポーク	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 衝突部から下側 3~5 箇所目が、車輪内側のエアロ形状への変化部で破断</li> </ul>	・ 変形なし
	ハブ	・ 破損なし	・ 破損なし

表9 供試品 No. 4 (ピスト用 600N) impact test 外観状況


衝突位置		スポーク間	スポーク位置
外観状況	トロリー衝突時		
	トロリー衝突後		
UCI基準	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK	OK
	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK	OK
	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK	OK
その他破損状況	タイヤ	・ 破損なし	・ 破損なし
	リム	・ 衝突部から下側1箇所目のニップル穴部にクラックあり	・ 衝突部のニップル穴部にクラックあり
	スポーク	・ 3本変形大、2本変形小	・ 3本変形大、2本変形小
	ハブ	・ 破損なし	・ 破損なし

表 10 供試品 No.5(ピスト用 1000N) impact test 外観状況

衝突位置		スポーク間	スポーク位置
外観状況	トロリー衝突時		
	トロリー衝突後		
UCI基準	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK	OK
	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK	OK
	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK	OK
その他破損状況	タイヤ	・ 破損なし	・ 破損なし
	リム	・ 衝突部から下側 1 箇所目のニップル穴部にクラックあり	・ 衝突部のニップル穴部にクラックあり
	スポーク	・ 3 本変形大、1 本変形小	・ 3 本変形大、2 本変形小
	ハブ	・ 破損なし	・ 破損なし

表 1 1 供試品 No.1(シティ車用 ステンレス) edge test 外観状況

衝突位置		スポーク間	スポーク位置
外観状況	トロリー衝突時		
	トロリー衝突後		
UCI基準	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK	OK
	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK	OK
	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK	OK
その他破損状況	タイヤ	・破損なし	・破損なし
	リム	・破損なし	・破損なし
	スポーク	・破損なし	・破損なし
	ハブ	・破損なし	・破損なし

表 1 2 供試品 No. 2(シティ車用 アルミ) edge test 外観状況

衝突位置		スポーク間	スポーク位置
外観状況	トロリー衝突時		
	トロリー衝突後		
UCI基準	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK	OK
	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK	OK
	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK	OK
その他破損状況	タイヤ	・破損なし	・破損なし
	リム	・破損なし	・破損なし
	スポーク	・破損なし	・破損なし
	ハブ	・破損なし	・破損なし

表 1 3 供試品 No. 3(ロード用) edge test 外観状況

衝突位置		スポーク間	スポーク位置
外観状況	トロリー衝突時		
	トロリー衝突後		
UCI基準	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK	OK
	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK	OK
	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK	OK
その他破損状況	タイヤ	・破損なし	・破損なし
	リム	・破損なし	・破損なし
	スポーク	・破損なし	・破損なし
	ハブ	・破損なし	・破損なし

表 1 4 供試品 No. 4 (ピスト用 600N) edge test 外観状況





衝突位置		スポーク間	スポーク位置
外観状況	トロリー衝突時		
	トロリー衝突後		
UCI基準	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK	OK
	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK	OK
	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK	OK
その他破損状況	タイヤ	・ 破損なし	・ 破損なし
	リム	・ 衝突部が内径側に変形	・ 衝突部が内径側に変形
	スポーク	・ 変形なし ・ 衝突部から上下各 1 本の張力にゆるみあり	・ 変形なし ・ 衝突部 1 本とその上下各 1 本の張力にゆるみあり
	ハブ	・ 破損なし	・ 破損なし



表 1 5 供試品 No. 5(ピスト用 1000N) edge test 外観状況


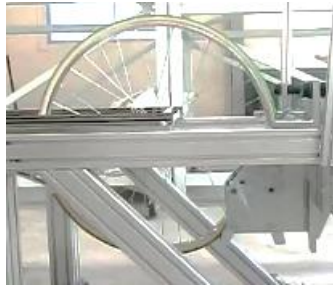


衝突位置		スポーク間	スポーク位置
外観状況	トロリー衝突時		
	トロリー衝突後		
UCI基準	衝撃により車輪の構成材が分離したり、外へ飛び出しているか	OK	OK
	破端は破片を生じたり、あるいは、鋭利または鋸歯状の破面が使用者、他の競技者および／または第三者を傷つけることがあるか	OK	OK
	破壊特性は、ハブがリムから外れてしまったり、車輪が前ホークから外れるような原因となっているか	OK	OK
その他破損状況	タイヤ	・ 破損なし	・ 破損なし
	リム	・ 衝突部が内径側に変形	・ 衝突部が内径側に変形
	スポーク	・ 変形なし ・ 衝突部から上下各 1 本の張力にゆるみあり	・ 衝突部の 1 本が変形小 ・ 衝突部から上下各 1 本の張力にゆるみあり
	ハブ	・ 破損なし	・ 破損なし

表 16 impact test 衝突前後のリム内径変化量 (mm)

No.	供試品	衝突位置	衝突方向	衝突方向から 90°	測定位置
	名称				
1	シティ車用 ステンレス	スポーク間	-2.5	0.3	
		スポーク位置	-4.1	0.2	
2	シティ車用 アルミ	スポーク間	-3.4	0.6	
		スポーク位置	-4.2	0.5	
3	ロード用	スポーク間	-15.3	12.5	
		スポーク位置	-8.9	1.0	
4	ピスト用 600N	スポーク間	-62.6	-1.9	
		スポーク位置	-61.3	-2.2	
5	ピスト用 1000N	スポーク間	-59.9	-2.5	
		スポーク位置	-61.3	-2.3	

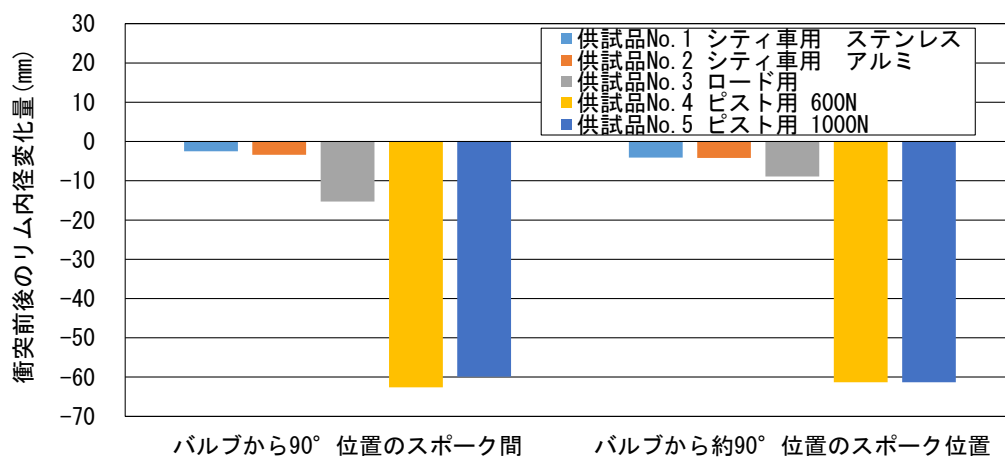


図 4 impact test 衝突前後のリム内径変化量 (衝突方向)

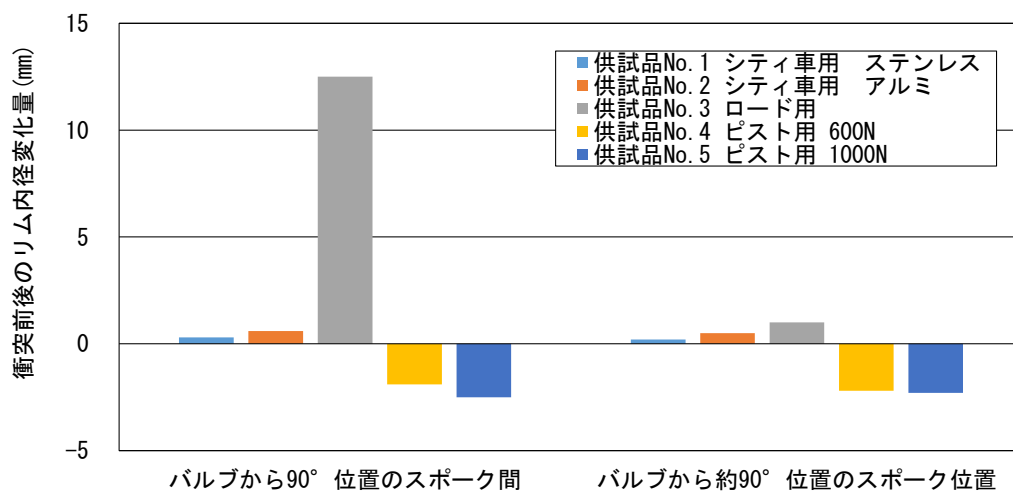


図 5 impact test 衝突前後のリム内径変化量 (衝突方向から 90°)

表 17 edge test 衝突前後のリム内径変化量 (mm)

供試品		衝突位置	衝突方向	衝突方向から 90°	測定位置
No.	名称				
1	シティ車用 ステンレス	スポーク間	-0.1	0.0	
		スポーク位置	-0.1	-0.1	
2	シティ車用 アルミ	スポーク間	-0.1	-0.1	
		スポーク位置	0.1	0.0	
3	ロード用	スポーク間	-0.9	0.3	
		スポーク位置	-0.4	-0.1	
4	ピスト用 600N	スポーク間	-5.7	-0.3	
		スポーク位置	-5.3	-0.2	
5	ピスト用 1000N	スポーク間	-7.9	-0.4	
		スポーク位置	-9.4	-0.6	

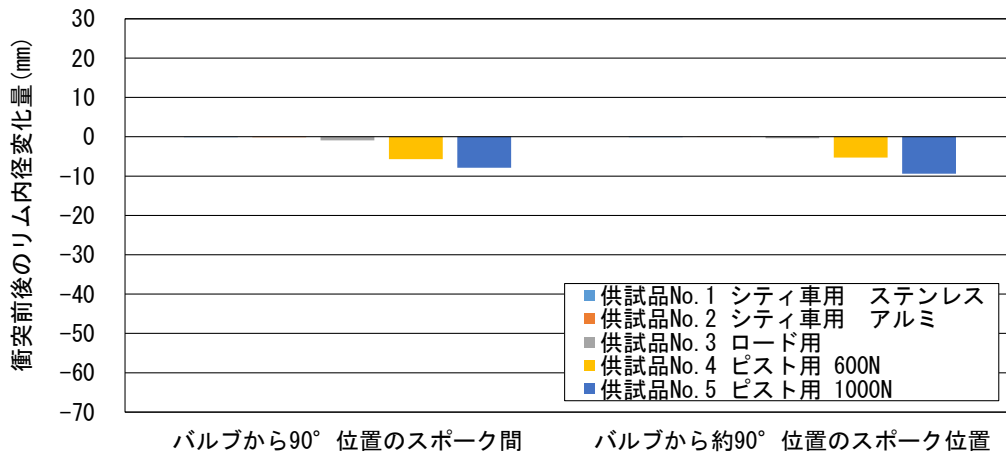


図 6 edge test 衝突前後のリム内径変化量 (衝突方向)

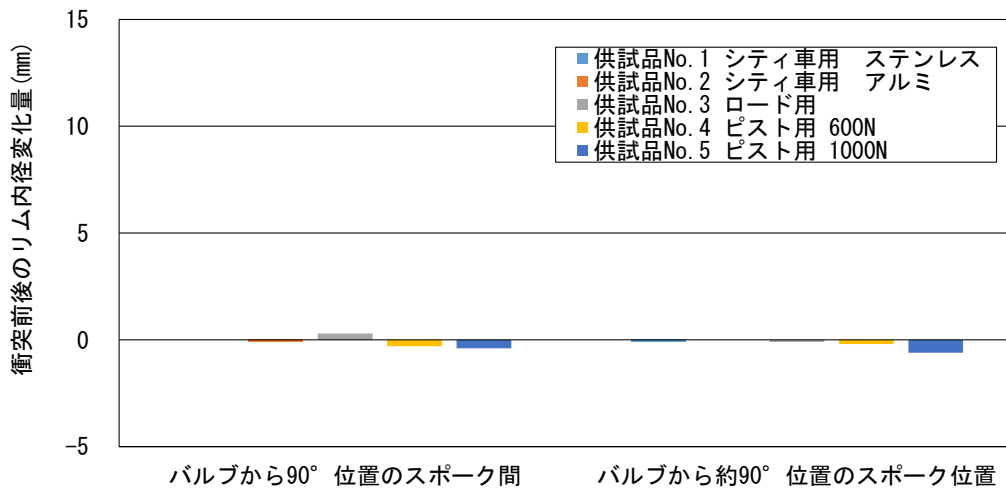


図 7 edge test 衝突前後のリム内径変化量 (衝突方向から 90°)

### 5.3 試験結果のまとめ及び考察

#### (1) impact test について

No.3 ロード用車輪では、スポーク間とスポーク位置の衝突で、損傷の状況、リム内径変化量共に差が認められたが、他の車輪では差は認められなかった。これは、No.3 ロード用は他の車輪と比較して、スポーク本数が極端に少ないため、スポーク間とスポーク位置でリムの強度の差が大きく、損傷状況に差が生じたものと推定された。

#### (2) edge test について

No.1,2 のシティ車用、No.3 のロード用車輪では、ほとんど変形は認められなかった。No.4,5 のピスト用車輪では、リム、スポークは変形したが、破断は認められなかった。

#### (3) impact test と edge test の比較について

試験を実施したすべての車輪にて、impact test のほうが edge test よりも、損傷状況が激しく、リム内径変化量も大きな値を示した。

#### (4)ピスト用でのスポーク張力の影響について

No.4 と 5 のピスト用車輪でのスポーク張力の比較では、impact test では損傷状態、リム内径変化量共に差は認められなかったが、edge test ではスポーク張力が高い No.5 のほうが、リム内径変化量が大きい値を示した。これは、スポーク張力が高いことで、車輪内部の剛性が高くなり、衝撃により発生するエネルギーを吸収できず、それがリムの変形に影響したものと推定された。

## 6. まとめ

5種類の供試品を用いて UCI 準拠の車輪の衝突試験を行ったところ、impact test のほうが edge test よりも、損傷状況が激しい結果であった。また、impact test においても、ロード用、ピスト用車輪と比較して、シティ車用車輪は、リム材質がステンレス、アルミ合金に係わらず、ほとんど変形が発生しない結果であった。

今後、今回の試験に用いた車輪と同様なものを使用して、CEN TC333(自転車) WG8において、審議されている車輪へのおもりの垂直落下試験【Vertical drop test(neutralization of rebound of the anvil)】を実施し、車輪の衝突試験との損傷状況の比較を行う計画である。

## 7. 参考文献

- 1)「衝突試験機の開発と評価」報告書 ー平成 25 年度環境・安全のための評価分析調査事業ー  
自転車産業振興協会 2013