

自転車の挟まれ事故（スポーク外傷）の防止に関わる子供の身体データ及び動作の評価、解析

株式会社ブリヂストン



目的

2008 年警察庁交通事故統計⁽¹⁾によると、自転車事故の大半は自動車、二輪車を始めとする動力車との衝突事故であるが、最近十年の推移をみると自転車相互の事故、対人事故及び自転車単独事故の比率が大きく増加していることが分かる（図 1）。

キッズデザイン製品開発支援事業⁽²⁾の子供の事故情報の解析によれば、自転車の事故は事故全体の 7.9%で最も多い事故となっている。

2006 年 11 月から 2008 年 11 月の 2 年間に（独）国立成育医療研究センターで収集された自転車関係の事故情報を解析すると、自転車事故の中で挟まれ事故は 13.9%を占め、単純転倒事故、衝突による転倒事故に続く 3 番目に多い事故となっている。この挟まれ事故の内、約 85%が車輪に足を巻き込まれる、いわゆるスポーク外傷と呼ばれる事故であり、スポーク外傷の 86%は後席に子供を乗せている時に発生している。

スポーク外傷は足の踝、踵、足背等の肉厚が薄く、かつ血液の循環が少ない箇所に起こる事と挫創と言われる細胞組織の破壊が伴う症例が多い為、事

故の外見以上に重症である場合が多く、また治癒するまでに多くの時間がかかるケガであり、事故の発生を未然に防ぐことが重要な問題と認識される（図 2）。⁽³⁾

スポーク外傷を未然に防止するには、足が車輪に触れなくするか、または触れてもスポーク部分に足が挟まれないようにすることが必要となる。本プロジェクトでは、足が車輪に触れるかどうかの指標である足の可達領域の決定とスポークに挟まれるかどうかの指標となる足部の大きさの計測を実施した。現在、自転車には車輪カバーなどの足の保護を目的とした部品が設置されているが、それでも事故が続いている状況があり、今回の結

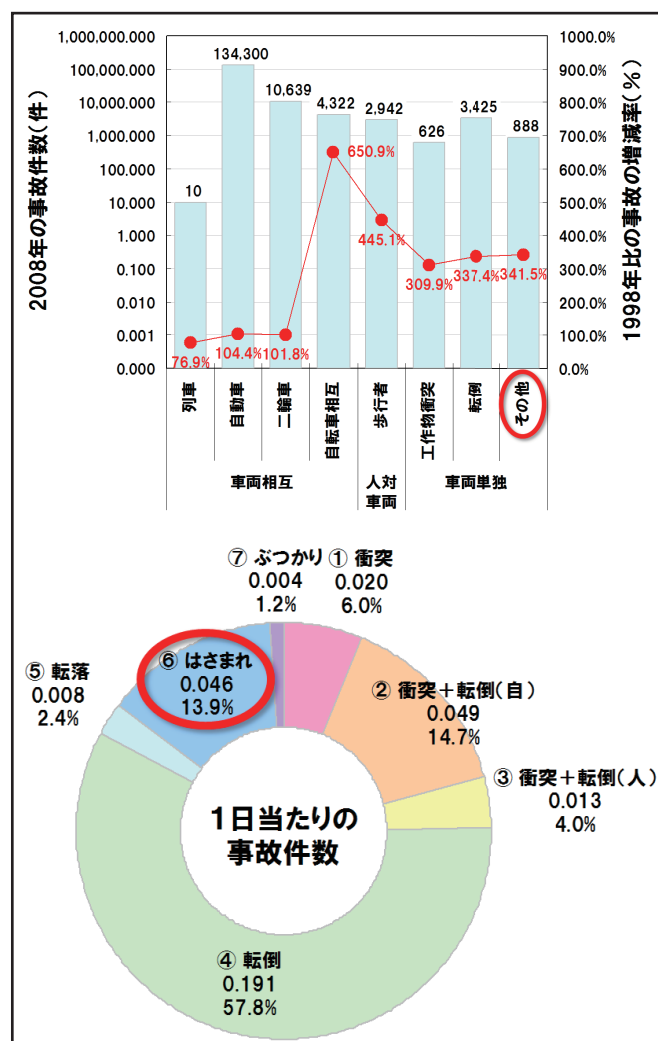


図 1. 事故の種類と事故の件数（上）と一日当たりの事故件数（下）

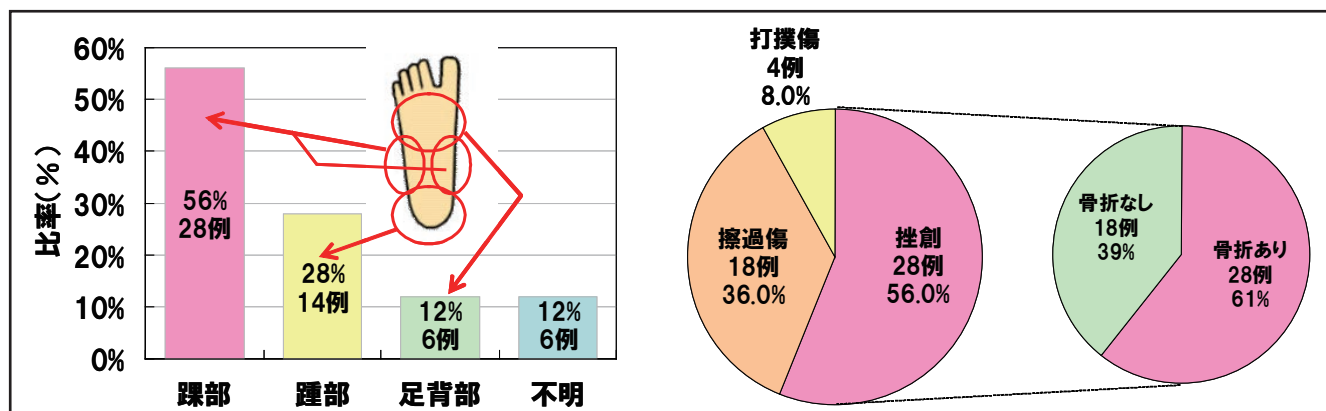


図 2. スポーク外傷の統計 (部位 (右) と傷害の種類 (左))

果を生かして、車輪カバーやその他の防護具を適正に設計、開発をすると共に、必要な事項は業界全体で規格を適正化することや、使用者である子供の保護者の方々に注意喚起を行うなど、関係機関と協力して事故の発生の削減に取り組みたい。

実施方法

項目は足の可達範囲の特定と足部の寸法計測を実施した。対象の子供の年齢範囲は安井等⁽³⁾の文献を参考にし、スポーク外傷が発生していると記述されている1歳以上9歳以下とした。

1. 足の可達範囲の特定

足の可達範囲については、関係する子供の人体寸法と子供に幼児用座席の座ってもらい左膝蓋骨中央（膝の皿の真ん中）の位置（高さ・幅）を計測した結果を基に可達範囲を計算で推定する方法をとった。計算は（独）産業技術総合研究所が開発した可達範囲表示ソフトウェアを用いて行った。

関係する子供の人体寸法としては、下記の項目を測定した。

- ・座位臀・膝蓋距離
- ・座位臀突高
- ・座位臀幅

左膝蓋骨中央（膝の皿の真ん中）の位置の計測については、子供に後部用幼児座席におしりが座席奥にぴったりつくように座ってもらい、左足をだらんと垂らして、左膝蓋骨中央（膝の皿



・高さの測定（左膝蓋骨中央の床からの高さ）

図 3. 足の可達範囲推定のための計測



・幅の測定（体の正中矢状面から左膝蓋骨中央の垂直距離）

の真ん中）の位置（高さ・幅）を計測した。

2. 足部の寸法計測

足部の寸法計測部位については下記の4項目を計測した。測定はすべて右足で行った。

- ・足長
- ・踵幅
- ・足幅（軸直交）
- ・外踝突高

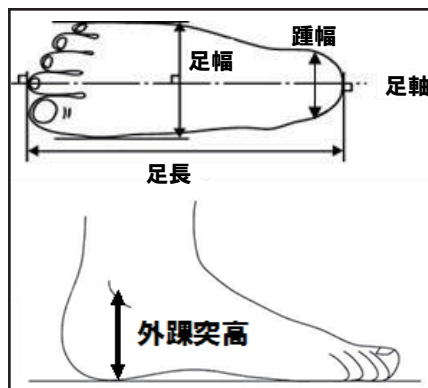


図 4. 計測した足部の寸法

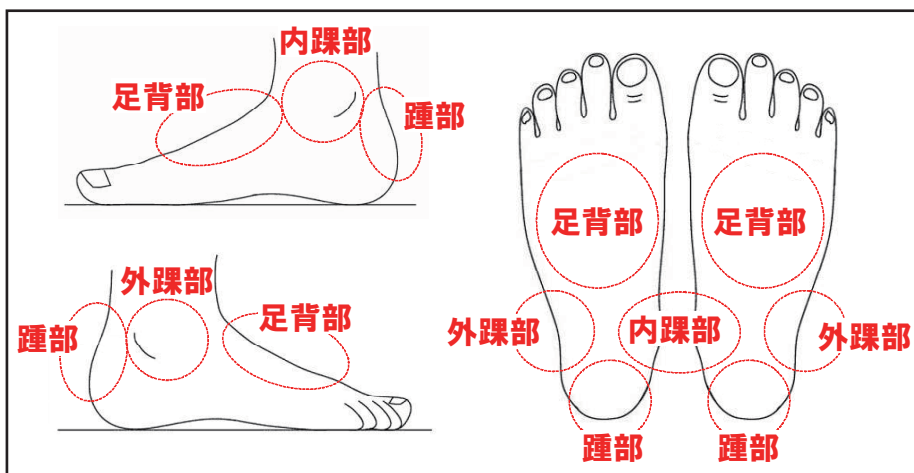


図 5. スポーク外傷が多い部位

※ 1：項目の選定については事故情報より症例の多い部位（左下図）に關係する寸法項目を選んだ。

※ 2：測定はすべて右足で行った。

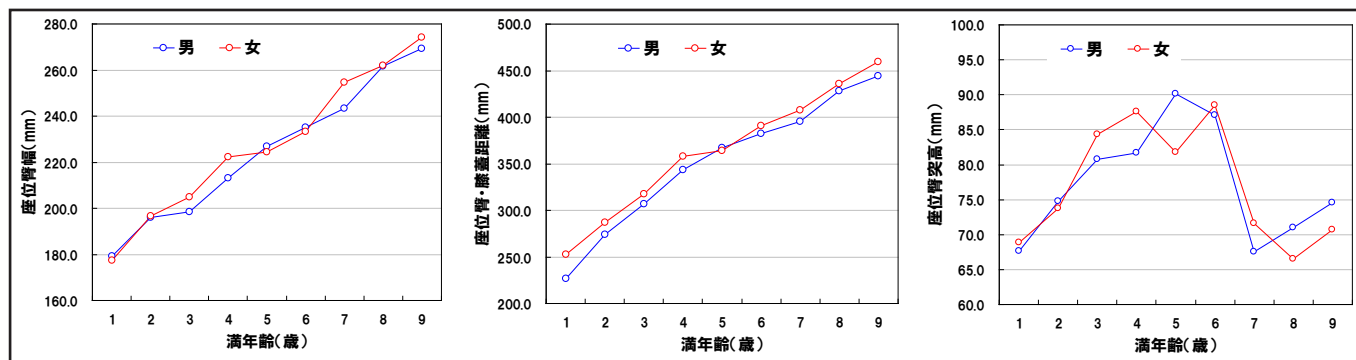


図 6. 年齢と各種身体寸法の関係

結果と考察

今回のプロジェクトで、スポーク外傷に関わる足の可達範囲を推定するための、1歳から9歳までの子供の寸法計測と足の可達範囲を推定するソフトウェアの作成が完了し、直接的にスポーク外傷の発生に関与するスポークと足部の相対的な大きさの比較ができた。

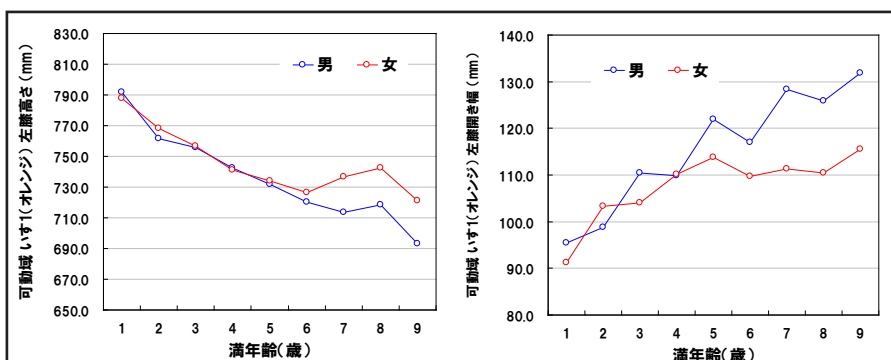


図 7. 年齢と可達範囲に関連する身体寸法と年齢との関係

1. 足の可達範囲に関係する寸法測定と可達範囲の推定ソフトの作成

(1) 足の可達範囲に関係する寸法測定 (ア) 座位に関する寸法 (図 6)

- ・座位臀・膝蓋距離及び座位臀幅については、年齢と共に大きくなっている様子が伺え、男女の差もほとんどなかった。
- ・座位臀突高については6歳までと7歳以上の傾向が大きくことになっている。この結果は子供の成長の観点からすると不自然なことで、計測日や計測者の違いもあり、再計測を含めデータのチェックが必要と考えている。

(イ) 幼児座席に座った時の寸法 (図 7)

- ・幼児座席に座った状態での身体寸法としては、左膝蓋骨中央（膝の皿の真ん中）の位置（高さ・幅）を計測したが、5歳以上で男女間差が現れ始めている。一般的には男女の差は骨盤の形状差がある為に起こると推定されるが、幼児座席の形状設計にも影響されると思われる為、今後更なる検討が必要と思われる。

(2) 可達範囲の推定ソフト

本プロジェクトの目的の一つは、子供が幼児座席に座った時の足部が到達する範囲（可達範囲）を特定する事に

あった。今回の計測では子供相手であること等の理由で足の可達範囲を直接的に実測することができなかった為、本プロジェクトでは上記の子供の身体寸法から計算により足の可達範囲を推定する方法をとることとした。推定の為の計算は（独）産業技術総合研究所が開発した可達範囲表示ソフトウェアを用いて行った。

今回の計測データをベースに可達範囲表示ソフトウェアを活用する事で、全体の平均だけでなく、男女別及び年齢別の足の可達範囲を推定する事が可能になった。また自転車や幼児座席の形状と幼児の身体寸法との関係でより詳細の検討をすることも期待される。但し、製品設計に直接使用する数字としては今回の推定値が直接の実測値と齟齬が無いかを明確にする必要があると考えており、今後は被験者を限定した形になると思われるが、この推定値と実測値の関係を明確にしていきたいと考えている。その上で、広く寸法計測という形で多数のデータ計測値を使ってより信頼性の高い可達範囲の特定に結び付けたい。

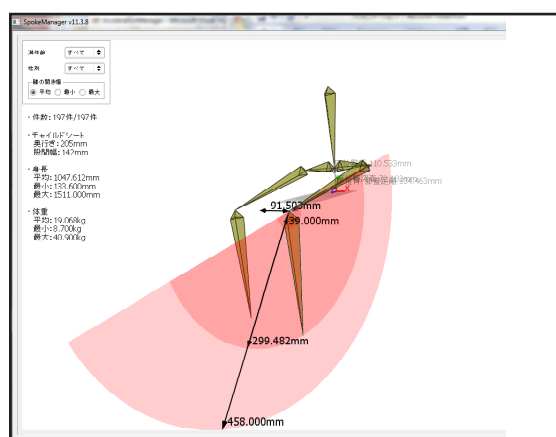


図 8. 可達範囲表示ソフトウェア

2. 足部の寸法測定

挟まれ事故により実際に被災を受ける部位は足部である。具体的にはスポーク-スポーク、またはスポーク-フレームに足部が挟まれ、スポークによる圧迫力による応力集中に足部が耐えきれず、損傷に至ると言うのが概略であろうと推定される。

その意味で、事故を起こさないためには、足の大きさとスポーク-スポーク間隔やスポーク-フレーム間隔の関係を把握することが、自転車設計や使用において挟まれ事故の理解の一助になると思われる。

自転車の車種にも依存するので、正確なデータは個別の自転車毎に異なる

るが、一般的にスポーク - スポークの間隔は約 7cm ～ 9cm であり、一般の 26 インチの軽快車では約 8cm が主流である。従って、足の部位の大きさが 80mm 以上あれば基本的には挟まれ事故は、発生しないことになる。

足長は 1 歳児でも 120mm あるので、足の長さ方向で挟まれることはない。すなわち、足が車輪に平行な状況であれば挟まれ事故は発生しないということである。

9 歳迄の足幅、踵幅、踝の高さはほぼ 80mm 以下なので、基本的にはスポークに挟まれてしまうと思われる。

先にも述べたスポーク外傷の被災部位⁽³⁾が踝部、踵部、足背部に集中しているのは、スポーク間隔と足の寸法の相対的な大きさに大きく起因していることは、容易に類推される。但し、これらの被災部位の症例の多さはこの寸法に子供の足がどのような状況でスポーク - スポーク間に侵入するかのメカニズムも考える必要があるだろう。

今後の展開

1. 製品改善・製品企画への展開の見通し

今回のプロジェクトの位置づけは、製品設計の為のベースとなる子供の寸法に関する実態を理解することで、その意味ではスポーク外傷に関わる基本的な子供の寸法は計測できたと考える。しかし、実際の乗車状況での挟まれ事故に関係する子供の身体寸法は、もちろん今回の基本データに連動はしているものの、数値としてはずれたものになっているということは想像に難くない。自転車の設計や改善には傾向としての数値ではなく、具体的な絶対値としての数値が必要になるので、今回得られた基本データをベースに自転車の諸元となる数値を明確にすることが今後重要となる。

自転車として、スポーク外傷を防止するために、考えられるのは幼児席等を使用し足を拘束するか、車輪を中心とした危険源と思われる領域において、足の可達範囲をカバーする方法が一般に考えられるが、実際の製品では子供の足を必要以上に拘束すると乗り

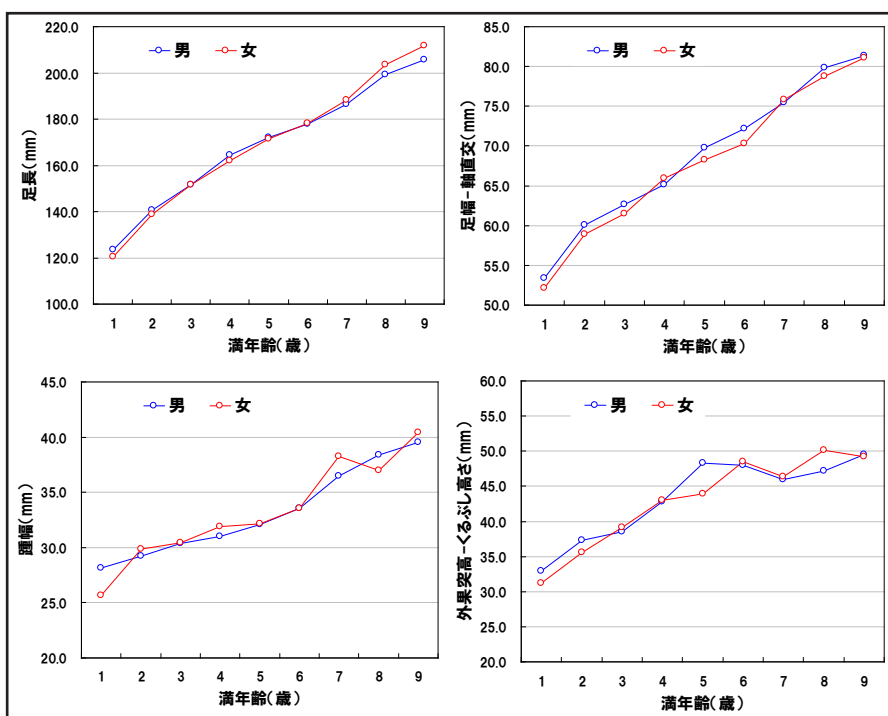


図 9. 足の寸法と年齢との関係

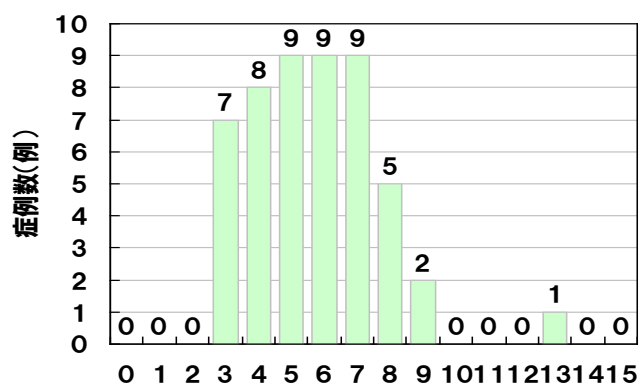
心地が非常に悪いものになったり、カバーを必要以上に大きくすると自転車自体が重くなったりすることで運転しづらいものになったりするので、製品自体のデザインだけでなく、設置状況や使用状況を想定し、改善の方向を模索すること

が求められる。今回の結果は基本データとしてそれらの最適化及び改善に十分活用できるものであると考えている。

2. 製品改善以外に事故の削減の為に考えなければいけないこと

幼児用座席の使用制限は 6 歳未満である。従って、使用制限を順守していれば、6 歳以上の子供でスポーク外傷は発生しないはずである。しかし、安井等の結果⁽³⁾では、スポーク外傷の被災児は 3 歳から 9 歳までに亘っており、本来発生しないはずの 6 歳以上の子供の被災者が多く存在している。

当たり前のことではあるが、子供は成長に伴い大きくなっていくもので、5 歳以下を想定した幼児席は 6 歳以上の子供には小さすぎ、子供の足が幼児



席よりはみ出て、結果としてスポーク外傷の被災の確率を上げているということは容易に想像できる。

このことは、自転車メーカーももちろん利用者にも広く理解を得る必要があるが、保護者等が「少しくらい」という安易な発想で子供を危険リスクに晒さないということも重要である。

ハードとしての自転車の改善ももちろんではあるが、使用方法というソフトの部分でも事故の発生を大きく削減できることにつなげられると期待する。その為にも、メーカーだけでなく関係機関やメディアを含めた幅広い啓蒙活動が展開されることを期待している。

3. 今後の課題

(1) データ数について

今回のプロジェクトでは1歳当たり平均約20名の子供の寸法を計測した。しかし、今回のデータの数だけでは、データの統計的精度という点で課題があり、今後のデータ数の増大が必要である。

足長及び外踝突出高は以前からもデータがあったが、それ以外の項目は今回より取り出した新規の項目で、バラツキの大きい子供の身体寸法の計測で20名前後のデータで製品を語るのには不安を拭いきれない。

(2) 被験者の年齢範囲について

足長及び外踝突出高は以前からもデータがあったと上記したが、そのほとんどは6歳以下の子供のデータで今回のテーマであるスポーク外傷の被災児である6歳以上の子供のデータは過去からもほとんどないのが実態である。我々が入手できる子供の身体寸法のデータベースとしては、(社)人間生活工学研究センターより公開されているものが唯一と思われるが、このデータベースは4歳から6歳を中心に計測されていると思われ、3歳未満や7歳以上のデータは未だ脆弱な状況に

ある。自転車や遊具のような動く道具については、キッズデザインシンポジウム⁽²⁾の発表データでも、自転車や遊具での事故の発生年齢は高くなっているため、今後は色々な製品に合わせて幅広い年齢層の身体寸法の計測の実施を期待する。

参考文献

- [1] 交通事故統計年報 平成21年度版 財団法人 交通事故総合分析センター
- [2] 伊奈 友子(経済産業省 デザイン・人間生活システム政策室)、キッズデザイン製品開発支援事業について、キッズデザイン製品開発支援事業シンポジウム資料(平成22年5月28日)
- [3] 安井 直子(国立成育医療センター総合診療部) 他、スポーク外傷50例の検討、日本小児科学会雑誌、Vol.113, No.11, (November 2009)