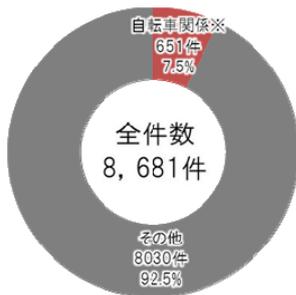


ブレーキの急制動反応時間と要因関係との明確化

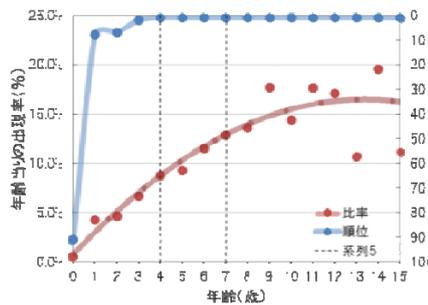
株式会社ブリヂストン

1. プロジェクトの背景

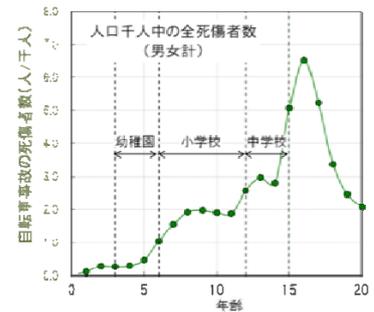
キッズデザインの輪で公開されている事故データ（図1）¹によると子供の自転車関係の事故は651件で、事故の全件数の7.5%に当たり、自転車が子供の事故に大きく関与しています。また、（図2）¹で示したように、自転車は4歳以上で最も多く頻出する言葉となり、小学生で約15%に達する。そして、この傾向は警察庁の交通事故の死傷者数の傾向（図3）²と一致する。



（図1）子供の事故ワード中の自転車関係のワードの比率（出典：キッズデザインの輪統計より作成）



（図2）年齢毎の子供の事故ワード中の自転車関係のワードの比率と順位（出典：キッズデザインの輪統計より作成）



（図3）自転車事故中の衝突事故比率（出典：警察庁交通事故統計より作成）

また、自転車事故は①幼児座席での自転車転倒、②幼児座席（前席）での幼児の転落事故、③幼児座席（後席）での足の挟まれ事故、④子供が運転する自転車の交通事故の4つに集約されるが、（図4）²に示した様に、④の子供の運転中の交通事故が約93%を占める。

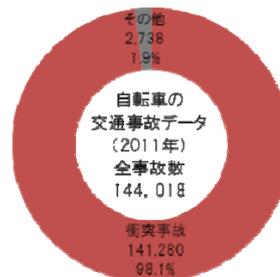
さらに、（図5）²に示した様に、交通事故の殆どが衝突事故であり、（図6）²に示した様に、衝突事故の半数以上が交差点での出会い頭衝突である。

この、出会い頭の衝突事故を防ぐには、前方に注意をし、スピードを控えめにして急ブレーキをかけないで良い様に運転をすることであるが、（図7）²に示した様に、15歳以下の事故では、充分には安全に配慮されていない状況で発生しているのが実情であることがわかる。

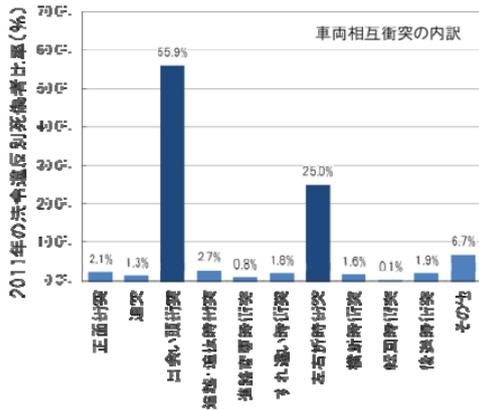
これらの結果より、子供の交通事故においては、安全に対する配慮の重要性を子供により認知してもらうための教育と、以上の様な状況下でも、事故を少しでも削減できるように自転車の改善を図ることが求められる。



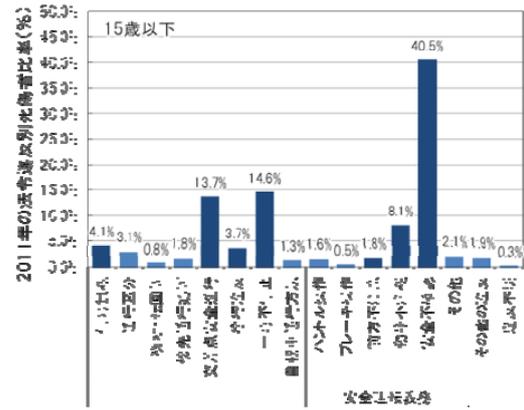
（図4）自転車事故中の運転/同乗の比率（出典：警察庁交通事故統計より作成）



（図5）自転車の交通事故中の衝突事故比率（出典：警察庁交通事故統計より作成）



(図6)自転車の車両相互衝突事故の内訳(出典:警察庁交通事故統計より作成)



(図7)15歳以下の自転車事故の法令違反別の内訳(出典:警察庁交通事故統計より作成)

2. プロジェクトの目的

出会い頭衝突事故を削減していくには、子供が前方の危険をいち早く察知し、自転車の制動を掛けることが重要である。本プロジェクトの目的は、自転車の急制動のメカニズムを明確にして、その人間要因と自転車要因を明確にする事であり、具体的には自転車の急制動にかかる時間をステップ毎に計測し、その結果を人間要因、自転車要因で解析し改善の方向を明確化することである。

自転車の急制動における時間計測は2011年度事業でも実施した。2011年度事業では、多くの子どもを計測し、全体的にその傾向を把握する事を目的として行い、多くの傾向を把握することができたが、全体像の把握を目的とした為、被験者数の確保と停止時間を全体として計測したため、その詳細なメカニズムを把握できなかった。

2012年度プロジェクトでは、2011年度の結果を一步進めて、被験者数を絞り、より観察的、解析的に検討をすることとした。特に、検討のベースとなる計測手法を確立する事に大きく注力した。

3. 計測システムと実験

3. 1. 急制動におけるメカニズム

自転車走行中において、前方に危険源が現れてから、停止する迄の停止時間は、一般に(図8)の4つのステップで記述される。



(図8)ブレーキ(急制動)の反応時間のメカニズムの考え方

4つのステップにおいて、4番目のステップ(握りきりから停止まで)は主にブレーキの機構に基づく性能に依存するため、本プロジェクトでは、人間と自転車のインターフェースに依存

するステップ1～3を対象に計測を実施した。具体的には、①危険源が現れてから認知する迄、②認知してからブレーキを把持する迄、③ブレーキ把持からブレーキ作動迄を計測した。これらは、①子供の注意力、②子供の反応と手の反射時間、③子供の握力、に依存すると思われる。

3. 2. 計測のシステムと計測方法

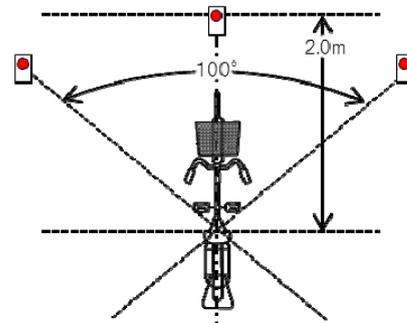
計測は(図9)の様に、自転車に乗車した子供の前面に配置したストップランプの点灯を開始点として、子供のブレーキ制動に関する時間を(図10)に示した4つのセンサーで行った。ここで、ハンドルセンサーとブレーキセンサーで把持に要する時間を、タイヤのマーキングを光学センサーで計測することで、タイヤの停止時間を計測した。また、認知時間はストップボタンの配置(図11)と子供の注意力を逸らす意味で、検者が話しかけることでの差異を確認した。



(図9) 実験の様子(左:通常計測時、右:話しかけ実験)



(図10) 計測に用いたセンサー



(図11) ストップランプの配置

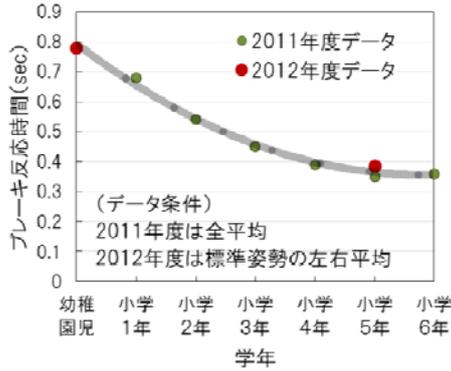
4. 結果の概要と今後の展開

4. 1. ステップ毎の反応時間の学齢による変化

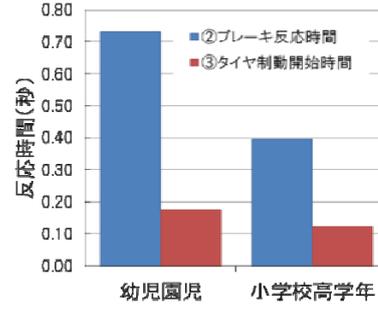
(図12)にブレーキレバーの反応時間を2011年度の結果¹との比較で図示した。ブレーキ反応時間は、幼稚園児で約0.8秒、小学校高学年で約0.4秒で成長に伴い、半減する。この、ブレーキレバーの反応時間は、(図8)の②のステップに相当する。2012年度はブレーキレバーの反応時間に加え、ブレーキが作動しタイヤの減速開始時間を同時に計測した。

この、タイヤの減速開始時間は③のステップに相当する。(図13)ではステップ毎の反応時間を幼稚園児と小学生高学年の子どもを比較した。ここで、興味深いのは、反応時間の成長による変化はステップ②がより大きいということである

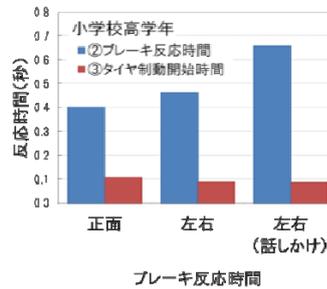
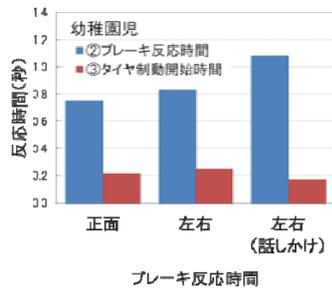
(図14)で示した様に、かく乱要因の影響が大きい程、ブレーキ反応時間が長くなっている。この図では反映できなかったが、幼児の場合には全く反応できなかったことも多くあった。一方、タイヤ制動開始時間は殆ど影響を受けていない。当たり前ではあるが、気が付いた後の反応(動作)は通常通りで、本実験は純粋に注意力の問題であると理解できる。



(図 12) 総制動時間の学齢による変化 (2011年度データとの比較でプロット)



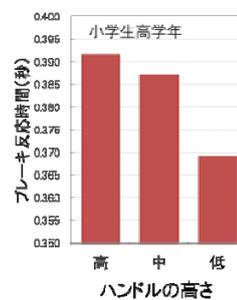
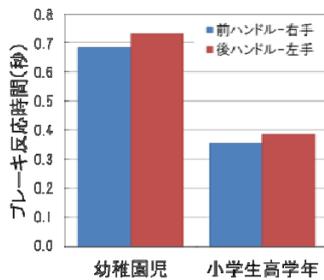
(図 13) ステップ別の反応時間 (自転車条件: ハンドル高=中間)



(図 14) かく乱要因による反応時間の変化

4. 2. 変動要因による反応時間の変化

今回の検討は、上記の学齢による変化だけでなくいくつかの、子供の要因、自転車要因を変えて計測した。(図 15) は右手と左手での反応速度の差の解析例である。左右の反応速度の差は、急ブレーキ時の二次的な事故に直結し重要である。今回は被験児の全てが右利きであった為、全体としては右手の反応が速い傾向にあった。また、(図 16) はハンドルの高さを調整して、乗車姿勢を変動させた場合の小学生高学年の反応時間の変化であり、乗車姿勢でも、反応時間は影響を受けることが分った。本報告では、現象としての傾向だけに留めたが、今後、解析を継続しメカニズムの理解をして行きたい。



(図 15) 左右のブレーキの反応速度の違い (図 16) ハンドル高の違いとブレーキの反応速度

4. 3. 今後の展開

2012年度プロジェクトにより、子供の急制動における各ステップの時間を計測する技術がほぼ確立できた。この技術は、子供だけでなく広く大人や高齢者の計測にも適用できる応用性の広い計測技術と評価している。また、今回の計測で、貴重な子供の詳細な手の形状データが得られた。今後、本年度プロジェクトの結果を詳細に解析し、2011年度で得られた結果の解釈を含めて、急制動における反応時間のメカニズムを明確化して行きたい。そして、2011年度の結果と合わせて、キッズデザインのプロジェクトで得られた知見を基に、自転車の改善の方向性を模索するだけでなく、子供の自転車運転の安全教育等にも、結び付けていきたい。

残念ながら今回までのキッズデザインプロジェクトでの実験は実走実験ではなく、止まった状況での実験で終わった為、今回得られた要因が、実際の制動時間や制動距離にどの程度影響するかまでは、明確にできていない。今後、機会が得られれば実走実験での検討を計画したい。

5. 参考文献

- 1：キッズデザインの輪（経産省製造産業局 デザイン・人間生活システム政策室）
(<http://www.kd-wa-meti.com/>)
- 2：平成23年の交通事故の発生状況（警察庁）
(<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001086731>)
- 3：新日本人の体力標準値2000（東京都立大学体力標準値研究会編）、不昧堂、平成12年