



Hironori Chaya  
Toyota Motor Corporation

## 誰もが安全安心に移動できる交通事故ゼロ社会の実現を目指して

トヨタ自動車では、交通事故死傷者ゼロという究極の願いを実現するために、安全運転をサポートする技術の性能向上に取り組み続けています。今回、先進モビリティシステム開発部の茶屋博紀氏にCarMakerを用いた衝突被害軽減ブレーキ(AEB)の効果予測に関する取り組みと、今後のシミュレーション技術向上に向けた展望などについてお話を伺いました。

**交通事故死傷者ゼロという究極の願いを実現するために、トヨタ自動車では安全運転をサポートする技術の進化、性能向上に取り組み続けているとのことですが、もうすこし詳しく教えてくださいませんか？**

クルマは自由に移動できる便利な乗り物です。将来にわたり楽しく、安全に安心してクルマに乗り続けるため、クルマに乗っている人や歩いている人、みんなの安全を願いながら、交通事故による死傷者をゼロにするという使命に向かって、私たちは日々研究・開発に取り組んでいます。

交通事故による死傷者ゼロは自動車に関わる仕事をするすべての人々の究極の願いです。その実現には、安全なクルマの開発はもちろん、ドライバーや人に対する啓発活動、信号機や道路など交通環境の整備も欠かせません。このような三位一体の取り組みを推進するとともに、事故に学び商品開発に活かす実安全の追求が重要だと考えています。トヨタでは、統合安全コンセプト\*に基づいて、個々の安全技術やシステムを連携したり、運転状況に応じて適切な支援を行ったりすることで、事故のリスクをできるだけ低くすることを目指しています。

\*「事故を起こさないクルマ」の実現を目指した、今後のトヨタの安全技術・車両開発の考え方。車両に搭載された個々の安全技術・システムを連携させていくとともに、将来的には、道路インフラとの協調（路車間）、自車以外の車両から得た情報の活用（車車間）を図り、運転状況に応じた最適な運転支援を行う。

**茶屋様の部署では、どのような業務を担当されているのか教えてください。**

人々の暮らしを豊かにする持続性あるモビリティサービス技術を生み出すことをミッションに掲げており、その中でも私の所属するチームでは、人間研究とシミュレーション技術を通じて、予防安全機能の効果予測をはじめ、誰もが安全安心に移動できる交通事故ゼロ社会の実現に向けた技術開発を進めています。



今回インタビューに応じてくださった茶屋様。トヨタ自動車技術本館にて

**AEBの研究開発にCarMakerをご活用いただいているとのことですが、どのようなうれしさがあるのかお聞かせください。**

まず、シミュレーションを使うことで、対象とする交通事故シーンの条件を変えながら何回でも再現できる点があります。実験を何回か繰り返すと結果が少し変わることがありますが、シミュレーションは何回繰り返しても結果は変わりません。この性質を利用すれば、特定の条件だけ変えた場合の影響を精密に調べることができるのです。

私たちは、これを衝突被害軽減ブレーキ(AEB)の効果予測に活用しています。CarMakerを使えば、センシングからAEBの作動、歩行者と衝突するかどうかまでシミュレーションできます。人間ドライバーによる急ブレーキと比較することで、AEBの効果を実験することが可能です。歩行者と車両の速度や角度など様々な状況でAEBの作動状況を調べることができます。こうして、よりリアルな条件でAEBの実質的な効果を見積ろうとしています。

**どのような交通事故のケースを想定してシミュレーションを行いましたか？**

警察庁の年次報告書によると、日本の交通事故死亡者数に占める歩行者の割合は約4割です。その半数以上は、横断歩道内外を含む道路横断中の事故によるものです。信号機や横断歩道のない直線道路を予期せず歩行者が道路を横断すると、ドライバーが注意していたとしても車両が

歩行者の手前で停止できない場合も起こります。本研究では、信号機や横断歩道のない直線道路を走行中、道路脇に停止した車両の陰から歩行者が突如、横断を開始するケースを想定しました。

**歩行者横断中の事故ケースを想定されたシミュレーションということですが具体的にどのようなシミュレーション環境を構築されたのですか？**

先述したシミュレーションのシナリオはCarMakerの"Scenario Editor"にて作成しました。ブレーキの制御はMATLAB®/Simulink®を介して行っています。シミュレーションのブレーキ特性は晴天の乾燥路で予め社内で実施された歩行者人形が飛び出した際の急制動試験と比較しました。本研究を進めるにあたっては十分な再現精度であると判断いたしました。

AEB無しではドライバー(人間)によるブレーキ操作を模擬しています。ドライバーは運転に集中しており、視野角に歩行者が入ると直ちに発見するとはしません。歩行者を発見した後のブレーキ操作には、ドライバーの心理状態や体調、また個人差や繰り返しによるバラツキが発生すると考え、同じ条件でも車両の減速プロファイルを変化させています。一方AEB有りでは、AEBセンサー視野角に歩行者が入るとシステムはスタンバイ状態となり、衝突までの余裕時間(Time to Collision : TTC)が閾値以下になると即座にAEBが作動し、既定のプロファイルに従って車両は減速します。

構築した環境を用いた評価について、詳しく教えてください。

車両や歩行者の動きなど6つのパラメータを確率分布で変化させて、合計17,000ケースのシミュレーション条件を作成しました。

6つのパラメータとは具体的には、歩行者の横断状況(歩行速度、横断角度、歩行開始タイミング)、車両の動き(走行速度、車線内における幅方向位置)、道路脇の停止車両位置を指します。パラメータの組み合わせにはL.H.S.(Latin Hypercube Sampling)を用いました。

シミュレーションの実行には、CarMakerの"Test Manager"機能を用いています。AEBが作動しない条件(以下、AEB無)で17,000ケースのシミュレーションを実行し、AEBを作動させた条件(以下、AEB有)でも同じく17,000ケースのシミュレーションを実行しました。

シミュレーション結果は3つに分類できました。

- (A) AEB有無ともに衝突を回避
- (B) AEB無では衝突、AEB有では衝突を回避
- (C) AEB有無ともに衝突

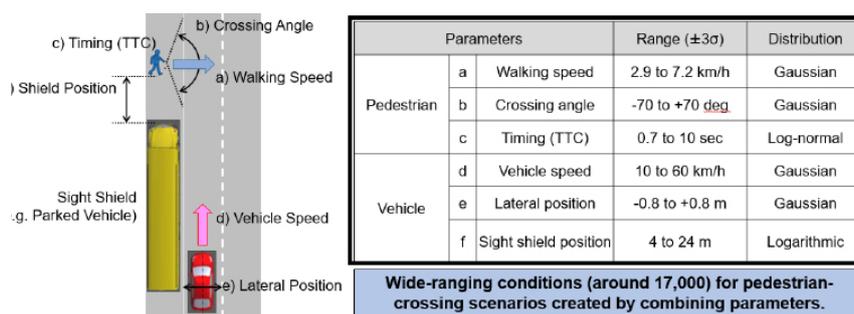
AEBによる衝突回避効果は $(B)/\{(B)+(C)\}$ として算出しました。(ここで(B)、(C)はそれぞれの衝突数を示します。)

シミュレーションから得られた評価結果はどうでしたか？

先に示した数式に従って計算すると、AEBによる衝突回避効果は84%となりました。これはAEB有の場合、衝突の可能性が84%減ることを意味します。AEB無では衝突し、AEB有では衝突しなかった分類(B)の例を図に示します。

AEB無(左図)では、道路脇の停止車両(バス)の背後から現れた歩行者をドライバーが認知して急ブレーキがかけましたが、車両は歩行者の手前で停止できませんでした。

AEB有(右図)では、センサーが歩行者を検知して即座に急ブレーキが作動し、車両は歩行者の手前で停止を確認できます。これら2つのケースはAEB有無以外の条件は同じです。



シミュレーションを実施した、車両の陰から歩行者が突如横断を開始するシナリオの詳細

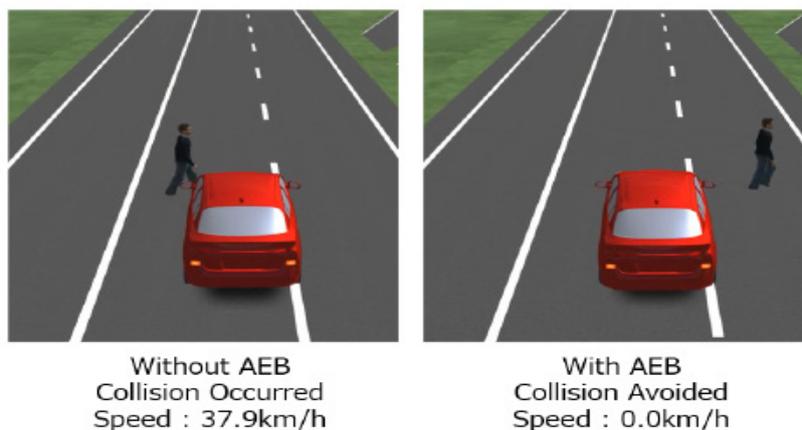
シミュレーション技術の向上に向けて、今後の課題は何でしょうか？

上述した結果は、ドライバーやAEBシステムが理想的に働いたときの効果を予測したもので、ドライバーモデルは脇見をせず注意散漫にもならず、視野に入った歩行者を確実に認知します。また、AEBモデルはセンサー視野に入った歩行者を確実に検知し、AEBシステムのECUによる演算やブレーキアクチュエータの駆動に遅延はなく、検知と同時に作動したと仮定しています。

一方現実のドライバーはミスを起こす場合がありますし、AEBシステムにも作動限界があります。こうした点を実際の状態に近づけることができれば、シミュレーションの結果はより改善されていくと推察されます。

今後の展望をお聞かせ下さい。

今回は日本の交通事故死亡者数に占める割合が最も大きい道路横断中の歩行者との事故を取り扱いました。



分類(B)の例：AEB無(左図)では衝突し、AEB有(右図)では衝突しなかった

今後は、次いで死亡者数が多い二輪車との出会い頭事故や、右左折時における対歩行者・自転車との事故などについても引き続き検討していきたいと考えています。またドライバーの意識覚醒状態の違いによる認知・判断・操作の遅れなどの影響についても、取り組む予定です。

本研究と同様の手順によりAEBシステムの効果を予測するには、今後10万ケース以上の計算を行う必要があると見積もっています。そうした計算を効率的に実施していくにはCarMakerのHPC(High Performance Computing)のような機能が大変有効であると考えています。こうした検討を通じて、より安全安心なクルマづくりに貢献していきたいと考えています。

この度は大変貴重なお話をいただきありがとうございました。