

悲惨な交通事故のほとんどは  
信号交差点の内部、  
あるいはその周辺で起きており、  
円滑性という点でもまだ  
欧米諸国に比べ不十分です。

タカタ財団・二〇〇九年度研究助成の対象テーマ

「効果的な交通安全対策立案のための信号交差点安全性  
定量評価シミュレーション手法の開発」

中村英樹教授に研究の内容について語っていただきました。

名古屋大学  
大学院工学研究科 教授

中村英樹氏

(研究内容概要はこちら)

——中村先生は交通工学、社会  
基盤計画などの分野において、こ  
れまで道路構造設計や信号制  
御、交通流に関する問題に取り  
組んでこられました。

今回助成をさせていただく御研  
究「効果的な交通安全対策立案  
のための信号交差点安全性定量  
評価シミュレーション手法の開発」  
の中では、ドライバや歩行者の挙  
動、心理的要因などの解析、さ  
らにはその動態を再現するシミュ  
レーションモデルを開発されるとい  
うことで、今までの先生のご研  
究の中では異色な内容と思われ  
ますが、そのようなご研究をさ  
れるきっかけとなったことは何か  
ありますでしょうか。

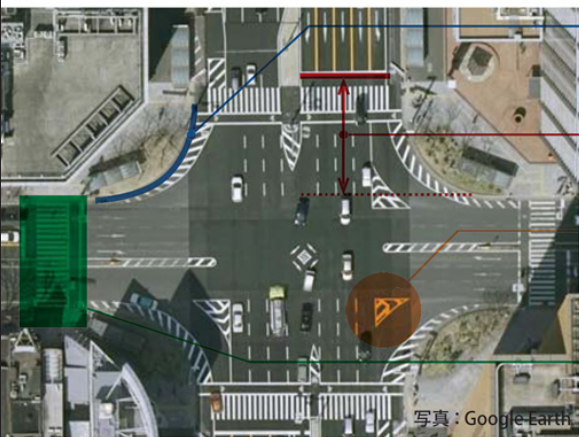
中村教授（以下中村） 必ずし  
も異色ではありませんが、今ま  
でに無かった切り口の研究である  
ことは確かです。その背景には、  
交差点が円滑性、安全性だけで  
なく、環境負荷の面からも非常  
に重要な箇所であるということが  
あります。交通事故の約6割は  
信号交差点近くで起こっています

## 日本は都市空間が狭いはずなのに なぜか交差点空間が大きいのです。

し、円滑性という面では渋滞のボトルネックになっており、また、移動時間のほとんどは信号交差点によって左右され、これは環境負荷にも影響を与えています。さらに、交差点には自動車、二輪車、自転車、歩行者、公共交通機関という多様な利用者がいて、かつ様々な方向に移動しようとするので、いわば道路交通の中の要衝と言えるわけです。このようなことから、交差点、特に信号交差点の性能を向上するということは、世界中どこでも同じです。日本の信号交差点の現状を見ると、悲惨な交通事故のほとんどは信号交差点の内部、あるいはその周辺で起きており、円滑性という点でもまだ欧米諸国に比べて水準として不十分なところにあるわけです。しかも、その状況が依然として改善されていないというのが現状です。私はそれらの理由について随分と長いこと考えてきました。それで6〜7年前に、その本質的なところは、一つには道路構造にあるとい

うこと、もう一つは交通運用、すなわち利用者をどうコントロールしていくかであって、これらは不可分の関係にあるという考えからスタートしたわけです。一般に、交差点空間というのは非常に多様な利用者が交錯し、動線が交わる非常に危険な空間なのですが、交差点そのものは、それなくして安価に交通システムを成立させるということは無理ですから必然的なものです。ですから交錯をいかに防ぐかということが安全対策を考える上で一番重要になってくるのですが、交差点の構造で言うと、日本の交差点空間というのは交錯をできるだけ防がねばならないと言っている一方で、交錯する空間が大きく作られている、すなわち交差点の内部が大きいのです。もっと具体的にいうと、停止線と反対車線の停止線間の距離が非常に長いということです。その理由として様々な要因がありますが、例えば、交差点の隅角部が極めて緩やかにできていたり、横断歩道の位置が交差点のかなり上流

にあつたり、停止線がさらにその上流についていたり、一般に交差点構造が大きくなっています。日本は都市空間が狭いはずなのに、なぜか交差点空間が大きいのです。ここでの交差点空間とは車道のことですが、車用のスペースが非常に大きいことによる弊害が出てきていると思っています。



### 大きな隅角部半径

交差点内での右左折車の速度を高め歩行者事故の危険があるほか、違法路上駐車を誘発します。

### 大きく後退した停止線位置

クリアランス距離が長くなり、全赤時間を長くする必要があります。

### 交通島による導流化を嫌う

左折車はマーキング上を走行できてしまうため、高い速度のまま交差点内へ進入し、横断歩行者の見落としの危険にも繋がります。

### 横断歩道の広さと取り付け位置

右左折車両も高い速度のまま横断歩道に進入しやすくなります。

写真：Google Earth

## 交差点構造と信号制御を抜本的に見直すことで 安全性を向上し、利用者にとって より使いやすい交差点空間にできるはずです。

もう一つは、信号制御が、非効率と見たらいいのか、科学的根拠無きままに安全だと信じているがあまり、効率性を大幅に損ねている制御をずっと続けてきていて、さらに事故が起こるとそれに対応すべく必ずしも最適でない方向に動いているように思えてならないのです。

要するに日本でも**交差点構造と信号制御の両方について抜本的に見直すこと**によって**安全性を向上し、利用者にとってより使いやすい交差点空間にできるはずだと思っ**ています。こういったことを提案したいのですが、科学的根拠がないとなかなか納得していただくことができないので、これを証明しなければいけない。それが我々科学者の役割ですから、評価できるような信頼性の高い道具を作る必要があります。これが今回の交差点構造や信号制御に応じた安全性を評価可能な利用者挙動ナノシミュレーションモデルの開発に至った一番大きな経緯です。

実際、実務の現場においても交

差点改良というのが極めて重要な懸案事項であるという事はかなり前から認識されていますが、ではどのように改良したら安全性が向上するのかということについて、今までは経験に基づいてやってきたわけです。ですから、これまで科学的、合理的根拠が必ずしも無いなかでやらざるを得なかつたので、本当はこうしたらいいのではないかと案があっても前例がないからできないとか、かえって危なくなるのではないかと

言われるとできなくなってしまう。そのところを実データに基づいて、利用者の挙動を反映した科学的モデルで表現することにより、ある改良によってこれだけ安全性が改善されますとか、なおかつそれが交差点全体だけではなく、交差点の細部でこういったことが起き、それがどういう理由で起こるのか、といったことまで含めて示すことが、交差点細部や信号制御を設計するに当たって極めて重要で、現場でのニーズも高いはずだと感じています。

我々としてはシミュレーションモデ

ルを実際に使っていただき、世の中にフィードバックしたいと思っています。交差点の二利用者として日本の交差点をもっと良くしたいという気持ちがあるものですか、我々なりのアプローチでできる限りのことをやっていきたいというのが今回のテーマの大きな趣旨です。

——何となくイメージ的には交差点がゆつたりしている方が、狭い交差点よりも安全な気がするのですが、現状の日本の交差点はスペースの割合として車の方に偏っているということでしょうか。

中村 そういうことです。自動車交通用のスペースが広がれば広いほど、見通しはいいのですが、スピードも出しやすくなりますし、車の動きが自由になりますね。逆に空間が限定されていけば、ルールが敷かれているようなもので、車の動きの自由度は少なくなります。隣接する車線同士の動きは確かに接近することになります。むしろその辺に気をつ

## 先進国の中で日本は 信号のサイクル長が極めて長いのです。

けてもらった方がいいわけで、自由度が高いとそれが乱れることになり、どんな動きをするか予測不可能ですし、なおかつ高速で入ってくる回避できませんから、むしろ危険であると我々は考えています。欧米では車両空間はできる限りコンパクトにしてくれるのが常識です。

——信号制御が非効率というのは円滑性に関して非効率ということですか。

中村 そうです。具体的に言いますと非常に遅れが大きい、待ち時間が長いということです。都市内を歩いたり、車で走行したり、バスに乗っていたりすると分かりかと思いますが、**止まっている時間が非常に長いと感じるのではないのでしょうか。それは都市交通としては必然ですが、それにしてそのレベルが全体の旅行時間の中に占める割合として大きすぎます。先進国の中で日本は相当それが顕著になっていきます。その大きな理由には信号の**

**サイクル長が極めて長いということが挙げられます。**

——それは何か日本なりの理由があるのでしょうか。

中村 大きく二つの理由があると思います。一つには、日本の信号交差点は一般に歩行者が多いので、歩行者を横断させるのに必要な青時間を確保するために、ある方向の青時間を長くしなければいけない。それも交差点が大きくなればなるほど、すなわち車線数が多くなればなるほど、あるいは車線の幅が広ければ広いほど、そこを横断する時間が長くなるので、それだけ青時間が長くなります。ある方向の青時間が長くなれば、他の方向の車が溜まりますので、そちらの青時間も長くしなければいけません。これにより全ての方向の青時間を長くしなければならず、結果的に、信号のサイクル長が長くなるわけです。それへの対処の仕方はいくつかあるのですが、それを実施したときに本当に安全

なのかどうか、ということを確認したいというのが我々の二つの目的です。例えば、歩行者の横断タイミングを2回に分けるとか、あるいは車とは全く違った信号現示で渡すとか、いろんな工夫があるのですが、日本ではそれが本当に安全であるということを実証しない限りなかなか実施できない環境にあるものですから、その点を定量的に示せたらいいなと思っております。

サイクル長が長いもう一つの理由についてですが、信号交差点は信号を切り替えれば切り替えるほど交通容量が下がると言われています。交通容量とは単位時間当たりに捌くことができる利用者の数です。信号を切り替える際、交差点の中で違った動線の方向に対して青を出すときに、前の利用者も完全に一掃してから青を出さないと危ないですね。そのためにロス、切り替え損失が生じます。ですから逆に言うところ切り替えない方がロスは少ないということになるので、一旦表示したら長く続けるということ、すなわち

## 交差点の大きさ、信号のサイクル長を 過大な領域から小さくする方向へ移行させれば、 安全性、円滑性ともに良くなるでしょう。

サイクル長は長い方がいいということになります。しかし、そのときの大前提として、青を出している間は常に効率的に使われており、かつ切り替え時間が合理的な設定になっているということが必要です。現状では、この両者とも成立しているかどうかは極めて疑問です。ですから、切り替えるほど容量が下がるという図式は少なくとも日本の現状の方法では成り立たないであろうと私は考えています。

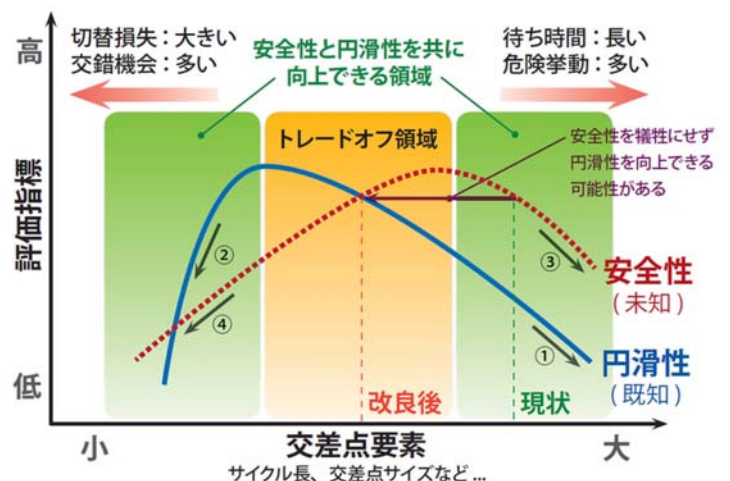
そこで、切り替え方法を柔軟にしてサイクル長を短くしたときに車の動きがどうなると、損失がどのくらいになつて、ということの評価したいのです。それは信号制御御だけではなく交差点構造によって決まることでもあるので、両者を車の両輪のごとく考えなければならぬと思っております。ですから安全性と円滑性は不可分なものです。

大きな問題意識として、よく安全性と円滑性はトレードオフだと言われます。私も否定はしませんが、それは常に成り立つわけ

ではなく、安全性を上げながら円滑性も上げる方法があるはずだと考えています。それをイメージで表したのが下図です。

横軸が交差点の諸元の大小、例えば交差点の大きさ、信号サイクル長など、縦軸には評価指標として、一つには円滑性、もう一つは安全性です。円滑性と安全性のグラフが×のように交差していればトレードオフの関係です。横軸中央部は確かにその傾向が見られますが、交差点が小さ過ぎたりサイクル長が短過ぎたりすると、あるいは逆に大き過ぎたり長過ぎたりすると、円滑性、安全性はともに下がってきます。そうすると全体としては両者とも上に凸の曲線で円滑性、安全性が表わされます。円滑性については計算で出せるのですが、安全性については未だ定量的な評価が難しいため、現時点では経験的イメージです。

**今の日本の状況は横軸の右寄り、すなわち交差点の大きさ、信号のサイクル長が過大な領域にあるのではないかと考えています。この**



ことは安全性、円滑性ともに改善の余地があることを意味し、過大な領域から小さくする方向へ移行させれば、両者とも良くなって、そこでやっとトレードオフの関係が成り立つ領域になるというのでしよう。ところが、現状は大きい方に外れている領域なのに、それが安全だと信じられているのです。交差点が大きいほど広くて安全、サイクル長が長い方が安全と考えられているということ

## もっと歩行者、自転車が 安心して使えるような空間を 確保しなくてははいけません。

です。しかし、度が過ぎると悲惨なことになります。

事実、欧米ではサイクル長、交差点の大きさが日本よりはるかに小さいところで成り立っています。それでは死亡事故者数が日本より大幅に多いかというところでもない。ですから、日本もそちらの方向に徐々にもっていかなければならないのですが、それを実行しようとしても科学的根拠がないとできないので、その実証研究に取り組もうということです。

——日本は都市構造上特異な構造になっているという事はないですか。

中村 いえ、必ずしもそうとは思いません。

——日本は戦後焼け野原になって都市を作り直したということがありますか。

中村 そうですね。特に名古屋は広々ゆつたりとした街をつくらうということ、大きな道路をつ

くりました。空間として大きいのはいいのですが、**車道の占める部分、交差点内部が大きい必要はないのです。もっと歩行者、自転車が安心して使えるような空間を確保しなくてははいけません。**

戦後はまだ自動車が普及していなかったので防災空間として、また、風を通すための空間として大きくつくることがいいと信じられていました。そのときにつくった道路がそのまま存続してきたということはあります。車が増えてきたら空間の配分を考え直さなければいけないのですが、それがなかなかできないということでしょう。

——先生の基本的なお考え、概念が分かりました。

中村 私は道路利用者である車、歩行者、自転車のどれかをより優先すべきと申し上げているわけではありません。道路というのは長距離の移動から近隣の短い移動まで様々なクラスがあるわけですが、長距離の通過交通と住

**宅地の細街路の利用者は全く別であるはずなのに、日本の道路ではその差別化がまだ不十分で、例えば、細街路を抜け道としてどんだん車が入って来るといったことが起こっています。このような現状をどんだん機能改善していく必要がありますが、ようやくそれを始められるところに日本は来ていると思います。それにはお金もかかるし、何といっても技術は必要で、それを開発していかねばならないのです。**

——次に今回のご研究の具体的なことについてですが、今年度は事故多发交差点でのビデオ観測調査をされるご計画ですが、何か所位の交差点で、主にどの地域で行われるのでしょうか。また1か所あたりの観測期間はどの位でしょうか。

中村 名古屋市中心とした愛知県内の中々大規模交差点で、事故多发交差点とそうでない交差点それぞれ5か所程度です。その中には改良工事をする予定

## 予見行動を防ぐためには、 交差側で見える信号灯器を 見えなくするという方法もあります。

のところもあり、そのような交差点では改良前後の比較ができません。それ以外に地域特性の比較のために、愛知県外の交差点も5か所程度入れています。観測期間は1か所当たり3時間（1日）程度です。

——内容的には、例えばジレンマゾーンに差し掛かった時、ドライバーが信号切り替わり時点からの時間経過がより少ない時点で停止する意思をもつようにするための道路構造、信号制御の違いを調べる、と考えるよろしいでしょうか。

中村 必ずしもジレンマゾーンだけに限りません。現実にはジレンマゾーンではないところの車でも信号無視で入ってくることもあるので、ジレンマゾーンかどうかを問わず、なるべく危険な行動をさせないような道路構造、信号制御を実現したいわけです。そのため道路構造、信号制御はどうあるべきかについて調べるのです。

——その場合、例えばどのような道路構造の特徴、または信号制御の特徴が考えられますでしょうか。

中村 まず、信号制御について言いますと、ドライバーは信号の見落としに加えて、止まりたくないと思うから信号無視をすると考えられます。なぜ止まりたくないと思うかというと、一旦止まると次の青まで長い時間待たなければいけないからです。それにはサイクル長がある程度短くすればよく、「止まってもまたすぐ青になるから」と思うレベルにまで短くすればいいのです。これは欧米では常識で、サイクル長は最大でも120秒と言われていますが、日本では200秒というのが平気で存在します。これは交通需要が高く、交差点が大きいのからなのですが、それを改善するにはできるだけ交差点を小さくしなければなりません。

あと見通しがいいと利用者が様々な予見行動を取るといことがあり。日本の信号機の配置

では、交差方向の信号灯器も見えますね。それが何色かが分かるので、それを参考にドライバーはいろんな行動を取ろうとします。まだ青になつていないのにフラッシングしたり、もう赤になつているにも関わらず交差側も赤だから行つてしまえ、というように。交差点空間というのは危険空間ですから余計なことは考えて欲しくないのです。とにかく一刻も早く出て下さいということで、踏切と同じです。そこで、これら予見行動を防ぐために、交差側で見える信号灯器を見えなくするという方法もあります。

このように信号灯器の見え方とか、表示の出し方とか、変わる順番だとか、ドライバーや歩行者の特に信号変わり目の挙動に対して極めて大きな影響を与えていることは古くから世界的に言われていることであるので、構造も制御も注意深く設計しなければなりません。

——とにかく先を急いでいるとか、普段から走行速度が高いドラ

## サイクル長が短いと、 ある適正な速度の範囲で走行したときだけ 青で通過できるということがよりやり易くなります。

イバは、赤信号に引っ掛かりたくない、殆ど信号無視となっても止まらずに通過したい、という言葉が生活態度や性格から来る運転特性のようなものが駆け込み進入の要因としては強いように思われますがいかがでしょうか。またそのようなドライバへの対策は何か考えられますでしょうか。

中村 その通りです。だからこそ、そのような運転をさせないような道路構造、信号制御が必要です。もちろん、生活態度や性格からくる要因はあるのでしようが、そのような運転ができてしまいうような自由度を持たせてはいけないと考えています。先ほどの交差点サイズの大きさと危険度の関係のグラフで言うと大きな交差点、長い信号サイクル長の領域から、コンパクトな交差点かつ短いサイクル長という適正レベルの領域へ移行していくことが必要です。

——一旦赤信号に引っ掛かるとその先幾つもの交差点で赤信号に

なるという信号制御を時々体験しますが、それがいやで無理な通過を招くということはないでしょうか。

中村 あるでしょうね。ただ、おっしゃるような状況というのは必然的に起こってきます。ご存じかも知れませんが、街路のネットワークが密になり、**信号交差点間隔が短くなってきた場合、両方向を最適に制御しようとする、いくつかのブロックを同時に青にしたり、赤にしたりすることが合理的な制御になる場合があるのです。**なぜかという、一方を優先にして順次進行方向に青を出していくと、反対方向の道路では逆方向から順次赤になってしまいうからです。これを両方向について面倒をみるようにするには、同時に青を出してさあどうぞと通し、次は同時に止めて、というのが基本になります。ただ、速度の選択の幅を小さくするような制御というのはあり得ると思います。要するに青が先の方まで見えているから行ってしまえと思って

行つても、すぐに赤になるような制御があるはずで、それにはサイクル長を短くする必要があります。例えば、サイクル長が長いと青の始まりに着くこともでき、れば終わりに着くこともでき、ある程度の速度の幅をもって、いくつもの交差点を青で通過できます。それに対して**サイクル長が短いと、ある適正な速度の範囲で走行したときだけ青で通過できるということがよりやり易くなります。**そういった意味でもサイクル長は余り長くない方がいいのですが、サイクル長はリンクの長さや密接な関係があるので、一概にそれだけでは決められないということはあると思います。ただ、最適解はいくつかあるので、そういったことを考慮した選択の余地はあると思つています。

——交差点の環境要因からくる事故では、誤解を生む、迷いを生む、対向車が見えにくい、などの道路構造、標識、路面標示に起因するものがあると思われませんが、今回のご研究もそのよう



## この辺で一度原点に立ち返って、 本当にどうあればいいのかということ 純粹に科学的に考え直す必要があると思うのです。

な要因も含めて検討されるので  
しょうか。

中村 はい、それら全てではない  
のですが、やはり迷いを生むよう  
な構造・制御というのは問題が  
あると思います。動きの自由度  
はなるべく小さくする方向にもつ  
ていきたいですね。そのためにも、  
ビデオ観測調査により、現状で  
はどういうことに起因して迷いが  
生じているのか、また交差点通過  
時に黄開始からの時間経過に伴っ  
て迷いはどう変わるのか、確率的  
な要因も関連付けながら、どう  
いう構造、どういう制御が行動  
のばらつきを大きく、または小さ  
くするのか、という点についてデー  
タ分析が必要です。交差点サイ  
ズの大小、交通事故対策の事前  
事後、事故多発地点とそうでな  
いところのデータを集め、利用者  
の行動のばらつきが、どのような  
要因によって生じるのか、その点  
を明らかにしたいと思っています。

——分かりました。ここで基本  
的なところをお伺いしたいのです

が、交通事故死傷者0へ向けて、  
事故発生自体を無くしていくに  
は、今後どのような対策に力を  
注いでいくべきとお考えでしょ  
うか。

中村 今までお話したような、  
非常に些細なことに見えるよう  
な、交差点の構造、信号制御とい  
った構成要素二つの精査をして、  
より安全で円滑性のある方向に  
変えていくことです。そのため  
も必要となる技術的な知見を蓄  
積することによって、現場での適  
用事例を増やして交差点構造を  
改良していくということ、信号  
制御もそれに対応してより新しい  
考え方で改善していくということ  
が必要だと思っています。

戦後打ち立てられた基本的考え  
方を守りながら、いわばパッチワ  
ーク的対応で今まで続いて来  
ているわけですが、もうここまで来ると、  
色々なところにきしみが始  
めると感じています。当時とは交  
通状況が全く違うし、車の性能  
も違う、また利用者の挙動も違  
うので限界に来ているし、ひずみ

が蓄積されてきていると思いま  
す。この辺で一度原点に立ち返  
って、本当にどうあればいいのかと  
いうことを純粹に科学的に考え  
直す必要があると思うのです。  
そのための研究を我々はやりた  
い。

もうひとつ重要なのは交通安全  
教育だと思います。例えば、自  
転車の走り方だとか法的な位置  
づけだとか、今は無法状態では  
ないでしょうか。ですから、学校  
教育の中で、そういったものを含  
めて教育していくことが必要で  
す。例えば、信号の現示だって自  
分の方向が青のとき、反対側が  
青とは限らないのに皆そう思い込  
んでいますよね。とにかく目の前  
の信号に従いなさいというだけで、  
それ以上のことは教えていない。  
欧米では学校の中の交通安全  
(安全に限らず)をかなりの時間  
を割いてやっています。技術開発  
と教育が非常に重要です。

——これまでは教育という講習  
会形式が殆どだったですね。

中村 それも必要ですけど、もう一步踏み込んだ教育を、免許の更新のときだけではなくて、幼少期からきちんとやる必要があると思います。免許の更新時だけでなく、免許を持つていない人に伝えることはできませんしね。

——最後に、先生はこれまでいろいろな御研究をされて、道路構造とか信号制御の改良に関して行政にご提案されたことはございますか。

中村 信号交差点以外の道路区間については、既に行政の方とやりとりはしてきています。信号交差点に関しては、口頭レベルであれば、研究プロジェクトの枠組みの中では多数ありますし、講演会の中でもいつもお話はしていますが、直接行政担当者の方に具体的な箇所を提案をさせていただいたという機会はあまり無かったです。今後はもちろん、研究の成果を行政に提案していくつもりですが、その根拠をより学術的、合理的なものにし

てきちつと出さないと、行政側でも動けないと思うのです。ですから、そのような形でのサポートができればと思っています。

——分かりました。今日は大変勉強をさせていただきました。有難うございました。

## 2009年度タカタ財団助成研究

### 「効果的な交通安全対策のための信号交差点安全性 定量評価シミュレーション手法の開発」概要

【研究代表者】

名古屋大学大学院工学研究科

中村英樹 教授

現在実施されている交通事故対策の多くは、統計的データや現地の交通事情を踏まえ現場技術者の経験的判断に基づいて実施されており、対策の評価に時間を要したり、事前評価が難しいという問題がある。本研究では信号交差点での信号切り替わり時の車両や歩行者の駆け込み進入などの挙動、移動軌跡のばらつきがドライバの心理的要因、交差点道路構造、信号制御などの要因によりどう変化するかを、車両や歩行者の動態が詳細に再現可能なナノシミュレーションモデルを開発することにより把握し、交差点改良案を事前に、かつ定量的に評価する手法を構築する。ナノシミュレーションモデル開発に当たっては、道路構造や信号制御の異なる幾つかの信号交差点において、車両や歩行者の交差点内の動きのビデオ観測調査を行い、空間的、時間的に精緻に再現可能なものにする。