

# 行動予測技術を活用した自動運転における衝突回避性能の向上

## Improving Collision Avoidance Performance in Autonomous Driving with Behavior Prediction Technology

川口 真一

**要約** 自動車交通には他の交通機関とは異なる事情があり、自動車の自動運転では他の車両や歩行者等の移動体との衝突回避性能が強く求められる。

衝突の危険性を数秒早く察知して衝突回避行動をとるだけでも、事故防止やダメージ軽減効果は非常に大きい。英国 Humanising Autonomy 社は人間の骨格を検知する画像解析技術に行動心理学の知見を組み合わせることで、歩行者や自転車の行動を数秒早く予測すると共に、誤検知を低減する技術を開発した。この行動予測技術を自動運転に適用すれば、特に都市部での自動運転車の衝突回避性能を向上させることができる。

また、自車以外のカメラ映像による行動予測結果を共有することで、行動予測技術の有効性を更に高めることができる。

**Abstract** Automobile traffic has different circumstances from other means of transportation, and collision avoidance performance with moving objects such as other vehicles or pedestrians is strongly required for automatic driving of automobiles.

If only a few seconds earlier the danger of a collision is detected and the collision avoidance action is taken, great effects on the accident prevention and damage reduction should be expected. Humanising Autonomy Ltd in the United Kingdom has developed a technology to predict the behavior of pedestrians and bicycles a few seconds earlier with fewer false positives, in which they combined the knowledge of behavioral psychology with the image analysis technology to detect the human skeleton. By applying this behavior prediction technology to autonomous driving, it is possible to improve the collision avoidance performance of autonomous vehicles, especially in urban areas.

In addition, the effectiveness of behavior prediction technology can be further enhanced by sharing behavior prediction results obtained from images captured by other cameras.

### 1. はじめに

情報処理能力の向上と AI 技術の進歩により画像解析の精度と処理速度が格段に向上し、人間の視覚能力をはるかに上回るようになった。身の回りの様々な製品に画像解析技術が搭載されるようになり、視覚に基づいた人間の行動を IT で置き換えることができるようになった。特に自動車については、衝突回避のための自動ブレーキから始まり自律走行まで、自動運転技術が急速に進歩しており、画像解析技術の進歩に負うところが大きい。

自動車の自動運転では、自車の周囲の状況を把握するために画像解析技術が用いられている。得られた自車周囲の情報に、進路や速度といった自車の現状情報を掛け合わせることで、その後の自車の挙動を決め、その通りに自車を制御することで自律走行を実現している。ただ、この方法では、人の飛び出しのように突発的な状況変化にはそれが起きてからしか対応できない

いという技術的な限界がある。

近年、画像上の人間の行動を数秒前に予測する技術が開発された。この技術を自動車の自動運転に応用すれば、技術的限界を超え自律走行車の衝突回避性能を向上させることができる。本稿では、自動車の自動運転における行動予測技術の効用について論じる。まず2章で自動車の自動運転とその課題を述べ、3章で衝突回避の現状と行動予測技術の有効性を説明する。4章では自転車以外のカメラ映像による行動予測結果を活用した今後の展望を述べる。

## 2. 自動運転

自動運転には、自転車を適切に運行する技術と、他の物体との衝突を回避する技術が求められる。

ところで、自動運転は自動車より先行して鉄道、航空機、船舶でも実施されている。本章ではこれらの交通機関で実現されている自動運転を、自動運行と衝突回避という視点で比較することで、自動車の自動運転特有の課題を明らかにする。

### 2.1 自動車以外の交通機関の自動運転

本節では自動車以外の交通機関の自動運転例として鉄道、航空機、船舶を取り上げ、その特徴について記す。

#### 2.1.1 鉄道

鉄道では、出発駅で運転士が出発ボタンを押すと次の停車駅まで自動運転するATO（Automatic Train Operation：自動列車運転装置）が既に普及している。ATOは1970年に大阪万博会場内のモノレールで世界で初めて実用化され、1976年には札幌市営地下鉄で営業列車へ全面採用された。その後、全国各地の地下鉄や新交通システムを中心に広まった<sup>[1][2]</sup>。

元々鉄道は、各列車の運行ダイヤが決まっており、進路の設定や列車同士の相対位置制御は運転指令所の管制下にある。列車の運転士が行う運転操作は信号に従って列車の速度を制御することであり、その操作を自動化することは難しいことではなかった。初期のATOで運転士の介入が求められていた線路内障害物との衝突回避（緊急停止）操作も、ITの進歩により今日では自動化されている。鉄道事業者は同一路線を走行する車両の規格を統一できるので、異なる規格の車両の混走を考慮しなくてもよい点も、鉄道で自動運転が早期に普及した要因の一つである。

なお、ATOの導入が地下鉄や新交通システムにほぼ限定されているのは、トンネルや高架で踏切がない、ホームドアが整備されている等、線路内に人等の進入が困難な構造になっており、列車以外の物体に対する衝突回避策の必要性が低いためである。

#### 2.1.2 航空機

航空機が大型化、高性能化するにつれて飛行速度が上がり航続距離も伸びてきた。それに伴い、操縦士には長時間にわたって精密な操縦が求められるようになり、この操縦士の負担を軽くするために早期から自動操縦装置の開発が行われてきた。航空機の自動操縦装置開発は1909年Lawrence Sperry（米国）によって始められ、1930年代までに漸次改良され各国の中型機以上で使用されるようになった<sup>[3]</sup>。当初、機体の姿勢制御や方位保持から始まった自動操

縦は、1965年には自動着陸装置も実用化され、今日では離陸を除く上昇から巡航・着陸までを自動操縦で運航することができる\*1。

航空機には航空路が設定されており、管制圏内の各機の運航は航空管制官の管制下にある。ただし、鉄道のレールのようなものはないので、操縦士の操作によって進路を維持しなければならない。上空には障害物がないことから、航空機の自動操縦は進路維持のための姿勢制御から始まった。衝突回避については、他機や地上との接近警報\*2が実用化されている。

### 2.1.3 船舶

大型船舶では、あらかじめ設定した航路を潮流などの影響を補正しながら運航する自動航行システム（オートパイロット）が20世紀中ごろから実用化されている<sup>[4]</sup>。最近では、漁船やプレジャーボート等の小型船舶用のオートパイロットも市販されている。ただし、他船舶や漂流物等の障害物を自動検知して衝突回避する機能は実現されておらず、2022年現在、人間の見張りを置かずオートパイロットだけで船を運航することは違法となっている。

船舶についても、海上や河川に航路が設定されている、港湾や狭い水路で海上交通管制が行われている、進路維持は操縦士の操作に依存する、という点は航空機と同様である。しかし、船舶の場合、海上交通管制の対象は一定の大きさの船舶に限られる（管制対象の船舶と非対象の船舶が混在する）、航路を横断したり航路外を航行したりする船舶がある、漂流物等の障害物がある、という点が航空機とは異なる。衝突回避という視点では、航空機よりも船舶の操縦環境の方が厳しい。

## 2.2 自動車の自動運転

自動車の自動運転機能としては、アクセル開度を自動的に調整して車速を一定に保つクルーズ・コントロールが1980年代に普及した\*3。クルーズ・コントロールは、1990年代後半になってレーダー、レーザー、カメラ等を使って先行車との車間距離に合わせて車速を制御し先行車に追従するACC（Adaptive Cruise Control：車間距離制御装置）へと進化した。更にLKAS（Lane Keeping Assist System：車線維持支援機能）、AEBS（Advanced Emergency Braking System：衝突被害軽減ブレーキ）が追加されて「自動運転車の定義及び政府目標」\*4のレベル1（運転支援）実現に至っている。現在は、レベル3（特定条件下における自動運転）を達成した市販車が登場し、レベル5（完全自動運転）実現に向け、メーカー各社で研究開発が行われている。

しかし、前節で述べた各交通機関の自動運転が1980年頃までに実用化されていたのと比べると、自動車の自動運転実用化の動きは遅い。これは、自動車交通固有の事情により、他の交通機関に比べて自動車の自動運転が技術的に難しいためである。以下、自動運転を困難にする自動車交通固有の事情について記す。

### 2.2.1 進路維持

鉄道はレールで進路を制御するので、通常、列車が進路を逸脱することはない。航空機と船舶は航（空）路に十分な幅がある上、仮に航路をはずれても航路の外も同じ空や海で飛行や航行には支障がない。航路自体も直線区間の組み合わせなので、気流や海流に応じて機体や船体の向きを調整すれば進路を維持することができる。

自動車の場合、道路はおろか車線を逸脱するだけで事故の危険性がある。道路自体が不規則な線形であり、車線を維持するためにはハンドル操作の他に車速の調整も行う。更に追い越しや右左折などもあり、進路を維持するためには複雑な操作を伴う。

### 2.2.2 管制

鉄道と航空機の運行（航）は全て運転士や操縦士とは別の第三者による管制下にあり、列車同士、航空機同士の衝突は管制により回避されている。

自動車の場合、交差点の信号管制により進路交差の調整が行われているだけである。それ以外の場面では各車両の動きを第三者が調整することはなく、車両同士の衝突回避は各車両の運転者の自律的な判断に委ねられている。個々の運転者の技量が自動車走行の安全性に大きく影響している。

### 2.2.3 自動運転対応・非対応の混在

鉄道は同一路線を走る全列車を自動運転対応とすることができる。航空機や船舶では、その性能や装備品、用途等により航行可能な空域や水域が区別されている。

自動車の場合、自動運転対応車と非対応車が混在する状態がしばらく続く。仮にすべての自動車が自動運転対応車となったとしても、路上には自転車や歩行者など自動運転に対応していない移動体が残る。

### 2.2.4 異種混在

鉄道や航空機では、進路内にあるのは同性能の列車や航空機である。他列車や他機による進路横断もない。それを前提に自動運転システムを作ることができた。

自動車の場合、自転車や歩行者など、それぞれの意思で自由に移動する異種・異性能な移動体が路上に混在している。進路横断の他、進路への割り込みもあり、衝突の危険性が高い。

## 3. 衝突回避と行動予測

ACCやLKASに、カーナビで実用化されたGPSや地図情報処理技術を加えることで、自動車の自動運行は実用レベルに至った。

一方、衝突回避についてはAEBSが実用化されているが万能ではなく、自動運行に比べると改善の余地がある。

### 3.1 AEBSの効果と限界

AEBSは、レーダー、レーザー、カメラ等を使って自車と衝突しそうな対象物（衝突対象物）を検知し、警報で運転者に注意喚起したり自動的にブレーキをかけて衝突対象物との衝突を回避したり、衝突時の衝撃を軽減したりするシステムである。人間よりも反応が早いので衝突回避には有効であるが、万能ではない。以下、AEBSの効果と限界について記す。

#### 3.1.1 AEBSの効果

自動車の運転者が衝突対象物を見落としている場合は勿論だが、運転者が衝突対象物を認知している場合でも衝突回避のためにAEBSは有効である。

運転者が衝突対象物を発見しブレーキをかけて停車させるまでの所要時間（停止時間）は、対象物を発見してからブレーキをかけ始めるまでの反応時間（空走時間）とブレーキをかけ始めてから停車するまでブレーキを踏み続けている制動時間の合計となる（図1）。反応時間は若年者が平均0.70秒、高齢者が平均1.07秒というデータがある<sup>[5]</sup>。乾いたアスファルト路面で车速が50km/hの場合、空走距離は9.7～14.9m、制動距離は14.1m、停止距離は23.8～28.9mとなる<sup>[6]</sup>。

AEBSの場合、理論上は空走時間を0秒にすることができるので、停止距離を14.1m（対運転者比59.2～48.8%）に短縮することができる（図2）。AEBSにより、衝突対象物がより近くにある場合でも衝突を回避できるようになる。

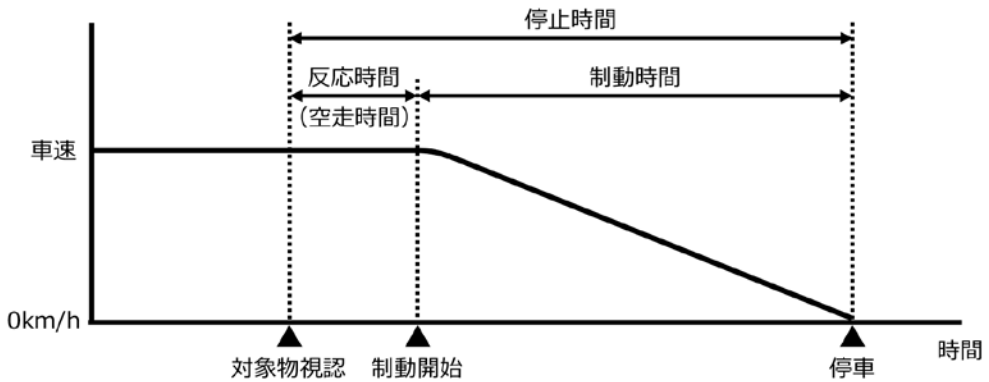


図1 停止時間

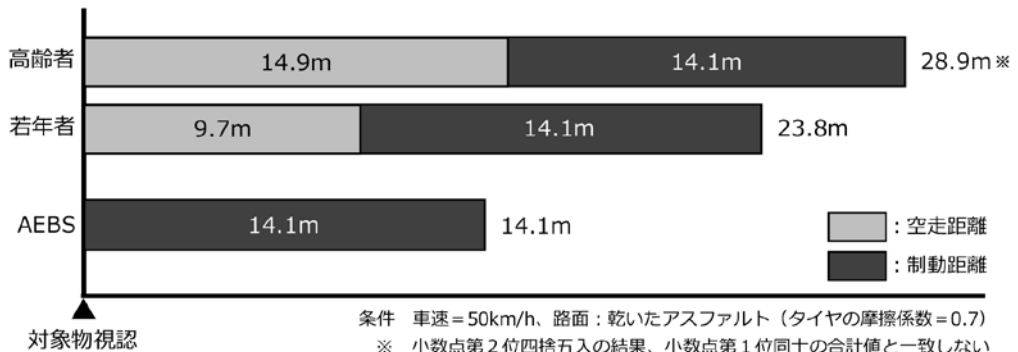


図2 停止距離

### 3.1.2 AEBSの限界

不必要な警報や自動ブレーキは円滑な交通の妨げとなるので、AEBSでは衝突対象物の検出範囲が限定されている<sup>\*5</sup>。AEBSの検出範囲内に衝突対象物が入るまではAEBSは動作しない。例えば、自転車の斜め前方を走行している自転車が自転車の前方に進路変更してくる場合でも、AEBSは自転車が自転車の前方に移動してからしか動作しない。

### 3.2 予測運転と行動予測

前項の自転車の例の場合、人間の運転者であれば斜め前方を走行している自転車が自車の前に進路変更することを想定して、それに応じた運転をすることができる。これは「ボールが飛び出してきたら次は子供が飛び出してくると思え」と教えられる予測運転である。予測運転では、周囲の状況がこの後どう変化する可能性があるかを“想定”している。

一方、単なる可能性にとどまらず、もう少し具体的にこの後の状況を想起できる場合がある。例えば、道路端に立っている人がタクシーを拾おうとしているのか、道路を渡ろうとしているのかがわかる（感じ取れる）場合がある。これは、その人の次の行動を予測していることになる。行動予測では、その人の挙動からその人が何をしようとしているのかを“推測”している。

衝突回避という視点では、予測運転も行動予測もより早く回避行動をとることができるという点では同じだが、実際に予測した状況になる確率という点では行動予測の方に分がある。

### 3.3 行動予測技術

近年、画像分析により人間の行動を数秒前に予測する技術が開発された。本節では、この行動予測技術の概要と、これを自動車の自動運転に適用した場合の効果について述べる。

#### 3.3.1 ITによる行動予測

BIPROGY グループの Emellence Partners が出資しているコンピュータビジョン AI（動画認識 AI）を開発する英国 Humanising Autonomy 社<sup>\*6</sup>（以下、HA 社）は、人間の骨格を検知する画像解析技術に行動心理学<sup>\*7</sup>の知見を組み合わせることで、歩行者や自転車の行動を数秒早く予測すると共に誤検知を低減する技術を開発した。

画像中の人物検知技術は「物体検知」から「骨格検知」へと進化してきた。物体検知は、人体の外形的特徴から画像中の人の存在を検出するものである。骨格検知は、物体検知で検出した人物画像について手足や関節といった部位の特徴や相対位置からその人の骨格を推定するものである。骨格が分かればその人の姿勢や向きを特定することができる。動画であれば、各フレーム間の骨格の変化からその人の挙動を検知することができる。

HA 社が開発した行動予測技術は、骨格検知に行動心理学を加味することで、過去の挙動ではなく、これからの挙動を予測するものである（図3）。行動心理学によれば、人の特徴的な挙動からその人の心理を推測できるので、例えば、道路を横断しようとしたり進路を変えようとしたりしている人の特徴的な挙動を動画の骨格検知で検出すれば、この後その人が道路を横断したり進路を変更したりすることを予測できる、という理論に基づいている。HA 社の行動予測技術は「2秒後の行動の予測」であれば99%の精度を実現可能というレベルである。



図3 HA社の行動予測

また、分析で使う動画は単眼カメラの画像でもよく、既にある車載カメラの画像を分析に使うことができるので専用のカメラを追加しなくてもよい点も特徴である\*8。

### 3.3.2 行動予測の効果

自動車の運転支援に行動予測を取り入れることは衝突回避に有効である。3.1.1項で述べたように、AEBSは空走距離を削減することでその分停止距離を短くする効果がある。しかし、AEBSは制動距離を短くすることはできない。自車の進路脇から進路上に歩行者や自転車が進入するケースでは、AEBSは歩行者等が進路上に進入してから作動するので、制動距離内に歩行者等が進入してきた場合はAEBSでは衝突を避けられない。

行動予測を用いることでこの問題を解決できる。自車の進路脇に歩行者等がいる時点で進路進入を予測できれば、それだけ早く衝突回避行動をとることができる。例えば、3.1.1項の例の場合、歩行者等の進路進入を1秒早く予測してAEBSを作動させれば、進路進入後にかかる制動距離を14.1mから3.6mに短縮することができる(図4)\*9。この場合の制動時間は2.02秒なので、歩行者等の進路進入を2.02秒早く予測すれば理論上は衝突を回避できることになる。

HA社の行動予測技術は人の行動を「数秒早く」予測するものである。たった「数秒」ではあるが、自動車の走行速度が20～50km/h程度の市街地においては数秒早い予測であっても歩行者等との衝突回避には十分な効果がある。行動予測技術を自動運転に適用すれば、自動運行に比べて実用化レベルが劣っている歩行者や自転車との衝突回避性能が向上し、特に市街地における自動運転の安全性を向上させることができる。

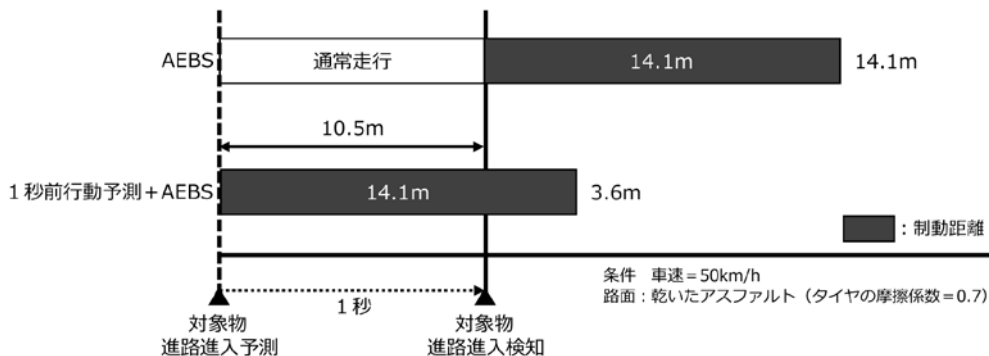


図4 行動予測による進路上の衝突対象物検知後の制動距離短縮

## 4. 行動予測技術の有効性向上

人の挙動からその人の行動を推測する行動予測には、人を視認できないと予測できないという限界がある。自車の車載カメラ映像による行動予測では、対応できるのは自車から視認できる範囲の歩行者等に限り、物陰から飛び出してくる歩行者等には対応できない。自動車と歩行者等がお互いを視認できる場合より、お互いを視認できない場合の方が衝突危険度は高いのに行動予測が有効に機能しないことになる。

この問題は自車の車載カメラ以外のカメラ映像による行動予測結果も活用することで解決できる。活用できるカメラとしては、他車の車載カメラと道路脇の設置カメラの二種類がある。

#### 4.1 他車の車載カメラの活用

他車の車載カメラ映像による行動予測結果を自車でも利用できるようなすれば、行動予測において自車の車載カメラの死角を補うことができる。この方式が有効になる典型例としては、渋滞やバスの乗降待ちでできた車列の間から歩行者等が飛び出すケースが考えられる（図5）。



図5 車両陰からの飛び出し例と行動予測結果の共有

図5に示した例では、バスの後方にある横断者が対向車線へ飛び出そうとしていることを後方カメラ映像による行動予測で検知したバスから、周囲の車両へバス後方からの横断者の存在を通報している。このケースにおいて、横断者の存在情報はバスにとってはあまり価値がある情報ではないが、対向車にとっては非常に有効な情報となる。

通報手段は赤外線、超音波、電波等いずれでもよいが、Bluetoothのブロードキャスト<sup>\*10</sup>を使うと受信装置としてスマホアプリを使えるようになり、専用の車載器がなくても通報受信が可能になる。

バス会社が自社車両に行動予測結果の共有機能を搭載すれば、自社車両同士のすれ違い時の飛び出し事故の危険性を低減することができる他、自社車両が死角原因となる飛び出し事故の削減対策にもなり、社会に貢献することができる。他のバス会社や運送会社が行動予測結果共有機能を採用すれば、それらの車両との間でも同様の効果が相互扶助的に生じ、行動予測技術の有効性が相乗的に高まる。

#### 4.2 道路脇設置カメラの活用

行動予測結果を共有するカメラ映像は、車載カメラに限らず道路脇に設置するカメラの映像でもよい。例えば、信号がなく見通しが悪い細い路地との交差点では非優先道路側に一時停止規制や徐行義務が課せられている。自動運転車であれば法規制に基づく車速制御により飛び出し防止が可能だが、非自動運転車や歩行者等の場合は飛び出しを抑制できない。道路脇設置カメラ映像を活用して行動予測結果を共有すれば、このような交差点での飛び出し事故の削減効果がある（図6）。

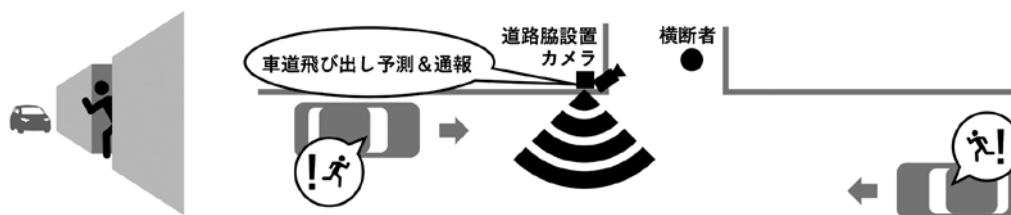


図6 物陰からの飛び出し例と行動予測結果の共有



ただ、道路脇設置カメラ映像の活用にはいくつかのハードルがある。4.1節で述べた他車の車載カメラの場合、カメラの利用目的が他車自体の安全運行担保であるから、衝突回避性能を向上させる行動予測技術をカメラに付加する動機が存在する。一方、道路脇設置カメラの場合、利用目的は道路の混雑状況や路面状況の監視だったり防犯監視だったりと多様であり、行動予測技術を付加する動機があるカメラは限定される。また、自動車の衝突回避に有効なカメラは自動車の車載カメラ映像による行動予測の死角を補足するカメラであるが、そのような位置にある道路脇設置カメラとなると更に限定される。

道路脇設置カメラの活用を考える場合は、既存のカメラにこだわらず、社会インフラの一部として自動車の衝突回避を目的にカメラを新設することも視野に入れて考えるべきである。

## 5. おわりに

本稿では、画像分析により人間の行動を数秒前に予測する行動予測技術を紹介し、それが自動車の自動運転における衝突回避性能を向上させ、自動運転の実用化に大きく寄与する技術であることについて述べた。また、自車の車載カメラ以外のカメラ映像による行動予測結果を共有することで、行動予測技術の有効性をさらに向上させることが可能であることについて述べた。

自動車の自動運転環境は、自動運転に対応した自動車とそれ以外の移動体（自動車、自転車、歩行者、等）が同じ道路上に混在する点が特徴の一つである。そのため、自動運転車には高度な衝突回避性能が求められており、行動予測技術がその解決策となることは本稿で述べた通りである。しかし、非自動運転車であっても自動ブレーキの代わりに運転者へ警告を発することで衝突回避性能を向上させることは可能である。行動予測技術が普及することで自動運転が実用化されるとともに衝突事故が減少する社会が実現することを期待したい。

最後に、本稿の執筆にあたり助言と指導を頂いた多くの方々はこの場を借りて深く御礼申し上げます。

- 
- \* 1 現状、航空機メーカーは機種ごとに自動操縦を使用可能な最低高度もしくは最低離陸後経過時間の制限を設けている。これは、地上では他機や車両との接近や進路交差がある、地上の航空機より着陸機に優先権がある、搭載燃料が着陸時より多く機体が重い、離陸速度は着陸速度より速い等、離陸時の方が着陸時より操縦環境が厳しい上、諸条件を考慮した上で機長が離陸を続けるか否かを判断する必要がある、等の理由による。
  - \* 2 TCAS (Traffic alert and Collision Avoidance System : 空中衝突防止装置)、GPWS (Ground Proximity Warning System : 対地接近警報装置)。
  - \* 3 1958年に米国クライスラーが市販車向けとして世界で初めてインベリアルにクルーズ・コントロールを採用した。国内では1964年にトヨタがクラウンエイトに「オートドライブ」の名称でオプション装備として採用した。その後しばらくは、ごく一部の車種にしか採用されなかったが、1981年にホンダがアコード全グレードに標準装備としたことを契機に多くの車種に普及した。
  - \* 4 米国SAE (Society of Automotive Engineers : 自動車技術者協会) が定義した基準に合わせて国土交通省が2017年に策定。レベル1 : 運転支援、レベル2 : 高度な運転支援、レベル3 : 特定条件下における自動運転、レベル4 : 特定条件下における完全自動運転、レベル5 : 完全自動運転、の5段階が定義されている。
  - \* 5 その他、各種センサーの特性により衝突対象物を検出できない等の技術的限界もあるが、本論文の主題とは関係がないのでここでは触れない。
  - \* 6 ロンドンの理工系大学 Imperial College of London でのプロジェクト成果を商業化する形で2017年に設立されたスタートアップ企業。本社は英国ロンドン。2021年にBIPROGYグループのEmellence Partnersが出資 ([https://pr.biprogy.com/news/nr\\_211104\\_eml\\_hapdf](https://pr.biprogy.com/news/nr_211104_eml_hapdf))。
  - \* 7 人の行動や仕草のパターンからその人の心理を読み取ろうとする学問。

- \* 8 解像度 720p 以上、フレームレート 10fps 以上のカメラ映像であれば利用できる。カメラとは別に画像分析用の GPU (GPU-BOX) が必要である。行動予測のレイテンシー (遅延) を最小化するためには、ある程度の GPU パワーを要する。
- \* 9 初速 50km/h (秒速 13.9m/s) の制動距離が 14.1m の場合の加速度は  $-6.86\text{m/s}^2$ 。この場合、制動時間は 2.02 秒で、最初の 1 秒間の制動距離は 10.5m、残りの制動距離は 3.6m になる。
- \* 10 Bluetooth でも Class1 なら通信距離は 100m 程ある。ブロードキャストは片方向通信なので Class1 対応は送信側だけよく、受信側のスマホが Class1 非対応であっても本文記載のケースの通報手段として通用する。

- 参考文献**
- [1] 前阪恵造, 「大阪の万博と鉄道」, 大阪府立大学 21 世紀科学研究センター大阪検定客員研究員 平成 30 年度研究成果報告書, 大阪府立大学 21 世紀科学研究センター, 2019 年 3 月, P16, [https://www.osaka-kentei.jp/pdf/report/osk\\_houkoku2019.pdf](https://www.osaka-kentei.jp/pdf/report/osk_houkoku2019.pdf)
  - [2] 水間毅, 「鉄道における自動運転の歴史と今後」, 計測と制御, 計測自動制御学会, 第 56 巻 第 2 号, 2017 年 2 月, P93
  - [3] 池田研三, 「航空機のオートパイロット」, 生産と技術, 生産技術振興協会, Vol.16 No.2, 1964 年 2 月, P19
  - [4] 松田真司, 「船舶用オートパイロット」, 計測と制御, 計測自動制御学会, 第 50 巻 第 6 号, 2011 年 6 月, P367
  - [5] 「講習予備検査等の検証改善と高齢運転者の安全運転継続のための実験の実施に関する調査研究 (II) 報告書」, 平成 23 年度警察庁委託調査研究報告書, 警察庁, 2012 年 3 月, P97
  - [6] 「交通事故における車速と停止距離を考える」, 実務の友, 2015 年 1 月, <http://www.5d.biglobe.ne.jp/Jusl/Keisanki/JTSL/TeisiSyasoku.html>

※ 上記注釈および参考文献に挙げた URL は 2022 年 10 月 5 日時点での存在を確認。

**執筆者紹介** 川 口 真 一 (Shinichi Kawaguchi)

1986 年日本ユニバック (株) 入社。電力会社の汎用機担当 SE, オープン系システム開発の技術主管, 大規模システム開発, 新規サービスビジネス企画等を経て, 2022 年より全社 BPR プロジェクトでサービスビジネス関連業務設計に従事。

