

論文・解説

29

## MAZDA CO-PILOT CONCEPT 技術試作車の紹介

### Introduction of Technology Prototype Vehicle Based on Mazda Co-Pilot Concept

栃岡 孝宏 <sup>*1</sup> Takahiro Tochioka	山本 康典 <sup>*2</sup> Yasunori Yamamoto	岩下 洋平 <sup>*3</sup> Yohei Iwashita	菅野 崇 <sup>*4</sup> Takashi Sugano	藤原 由貴 <sup>*5</sup> Yoshitaka Fujihara
高橋 英輝 <sup>*6</sup> Hideki Takahashi	岩瀬 耕二 <sup>*7</sup> Koji Iwase	桑原 潤一郎 <sup>*8</sup> Junichiro Kuwahara	吉岡 透 <sup>*9</sup> Toru Yoshioka	田内 一志 <sup>*10</sup> Kazushi Tauchi

#### 要約

マツダは、クルマを自ら運転することで元気になっていただきたいと考えている。そして、自分らしく心豊かな人生を送っていただきたい。だからこそ、万が一の事故を着実に減らしていくために、MAZDA CO-PILOT CONCEPTを開発した。ドライバーが元気に運転できている時には、人間の認知、判断、操作能力を発揮して、運転を楽しんでいただく。システムは常に副操縦士（CO-PILOT）のように人の状態を見守る。MAZDA CO-PILOT CONCEPTは、高齢者から若年ドライバーまで、常にドライバーの状態を見守り、一般道から高速道まで場所を選ばず機能することで、ドライバーが原因となる事故の削減、被害軽減に貢献する。これにより、ドライバーや同乗者だけでなく、ドライバーを送り出す家族や周囲の人々への安心をも提供できると考えている。本稿では、MAZDA CO-PILOT CONCEPTに基づく技術試作車について紹介する。

#### Abstract

Mazda wants people to feel energized by driving a car and also lead a rich life by being true to themselves. That is why we have developed the Mazda Co-Pilot Concept as one of the solutions to steadily reducing the number of accidents. When drivers are in normal condition, they can enjoy driving with their own recognition, judgment, and operation. The vehicle watches over drivers' condition like a co-pilot behind the scenes. The Mazda Co-Pilot Concept contributes to reducing accidents caused by drivers and mitigating damages, by monitoring the human condition, whoever the driver may be, anytime and anywhere including general roads and highways. Mazda believes that it can provide peace of mind not only to the drivers but also to their family and those around them. This article introduces a technical prototype vehicle developed based on the Mazda Co-Pilot Concept with its technologies being developed in various driving settings.

**Key words** : Advanced safety technology, Advanced driver assistance system, Autonomous driving technology

#### 1. はじめに

マツダのブランドの核となるのは「走る喜び」である。クルマを運転することで、全てのドライバーに毎日いきいきと過ごしていただきたいと考えている。

安全技術においても、クルマづくりを貫く「人間中心」の考え方にに基づき、ドライバーを理解・信頼・尊重し、ドライバーが安全運転できる状態を最大限確保する中で

事故リスクの発生自体を抑制する安全思想「MAZDA PROACTIVE SAFETY」に沿って技術開発を行ってきた。

そして「安心・安全なクルマ社会」の実現に向けた「人間中心」の安全技術のビルディングブロックの3つめとして、高度運転支援技術のコンセプト「MAZDA COPILOT CONCEPT（マツダ・コ・パイロット・コンセプト）」を新たなブロックとして積み上げた（Fig. 1）。

\*1,10 技術企画部  
Technology Planning Dept.

\*3 開発調査部  
Technical Research Dept.

\*2,4~9 統合制御システム開発本部  
Integrated Control System Development Div.

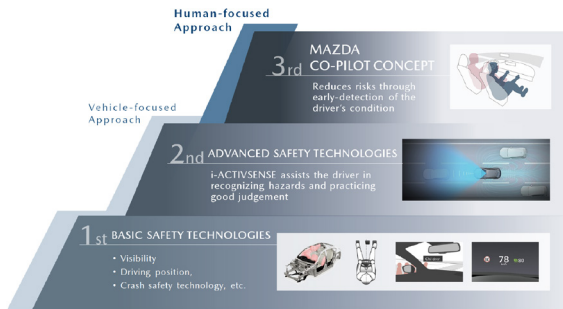


Fig. 1 Building Blocks toward the Realization of an ‘Accident-Free Society’

CO-PILOT とは、「飛行機の副操縦士」を意味する。副操縦士のように、一人で運転していても、もう一人の優れたドライバーが、いつも横で寄り添ってくれている。それにより、ドライバーは心から安心し、いつも自信を持って運転を楽しむことができる。MAZDA CO-PILOT CONCEPT は、機械が完全に人間に代わって運転するのではなく、あくまで「人による運転」をサポートする技術である。本稿では、MAZDA CO-PILOT CONCEPT とそれに基づく技術試作車 (Fig. 2), 及び主な構成技術について紹介する。



Fig. 2 Technology Prototype Vehicle Based on MAZDA CO-PILOT CONCEPT

## 2. 「安心・安全なクルマ社会」実現に向けた課題

死亡重症事故件数は年々減少している (Fig. 3)。しかし、安心・安全なクルマ社会の実現には多くの課題がある。例えば、78%のドライバーが運転中に眠気を感じているとのデータがある (Fig. 4)。重大事故の潜在的な要因として、この「眠気」が関与している可能性がある。また、周囲を巻き込むような重大事故につながりやすい、ドライバーの運転中の発作・急病などの体調急変による事故件数は増加を続けている (Fig. 5)。特に高齢ドライバーの疾患・体調急変による重大事故は大きな社会問題になっている。更に、発作・急病などの体調急変は、その 95.8%が速度 60 キロ以下で発生している (Fig. 6)。

従って、事故を減らすためには、このようなドライバーの体調急変や眠気に対応する技術が必要であり、対応する安全技術は、高速道路や自動車専用道路だけでなく、一般道路もカバーする必要がある。

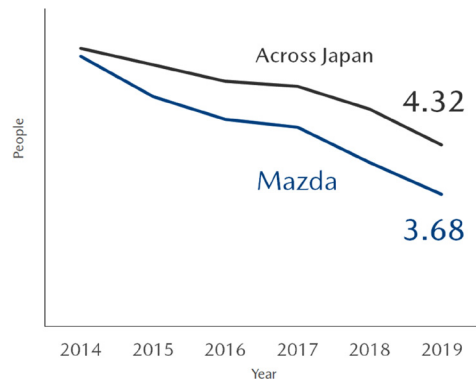


Fig. 3 Number of Deaths and Serious Injuries Per 10000 Units (Passenger Vehicles in Japan)

Source: Mazda’s Analysis Based on 2020 Research from Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis

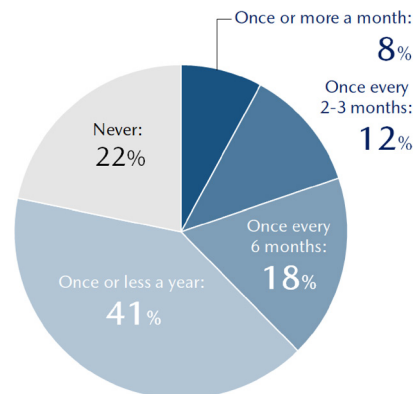


Fig. 4 Frequency of Drivers Feeling Drowsy when behind the Wheel

Source: Data Compiled by Mazda Based on the March 2015 Report on Public Countermeasures to Prevent Drowsy Driving on the Highway

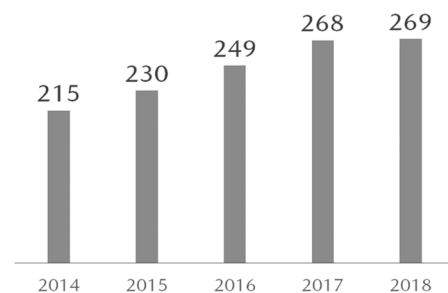


Fig. 5 Road Accidents Caused by Sudden Illness  
Source: Road Traffic Statistics from Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis (Public Interest Incorporated Foundation in Japan)

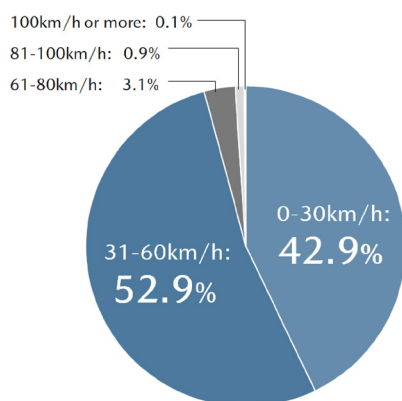


Fig. 6 Estimated Speeds for Accidents Caused by Sudden Illness

Source: Road Traffic Statistics from Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis (Public Interest Incorporated Foundation in Japan)

### 3. MAZDA CO-PILOT CONCEPT について

#### 3.1 提供価値

ドライバーの“状態”によるリスクを低減することは、人の能力を最大限に引き出すことにもつながり、走る喜びを支える。

MAZDA CO-PILOT CONCEPTは、高齢者から若年ドライバーまで、常にドライバーの状態を見守り、一般道路から高速道路まで場所を選ばず機能することで、ドライバーが原因となる事故の削減、被害軽減に貢献する。それは、ドライバーや同乗者だけでなく、ドライバーを送り出す家族や周囲の人々への安心も提供できると考えている。

#### 3.2 基本機能

(1) ドライバーが通常の運転をしている時、(2) ドライバーに異常が発生した時、(3) ドライバーが運転出来ないと判断された時の3つの基本機能がドライバーの状態に応じて(1)~(3)の順に作動する。

(1) ドライバーが通常の運転をしている時

ドライバーが通常の運転をしている時は、ドライバーの状態を常にモニタリングし、姿勢の崩れ、視線や頭部の挙動、そして、ハンドルやペダルの操作をセンシングし、総合的にドライバーの状態を検知し、運転が継続できるか判断している (Fig. 7)。

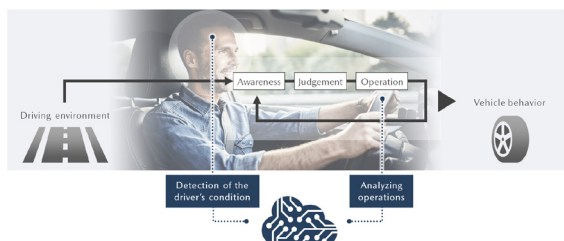


Fig. 7 Monitoring the Driver's State of Being and the Driver's Operations

(2) ドライバーに異常が発生した時

体調急変や眠気に襲われ、意識を失ってしまうなどのドライバー異常を検知すると、ドライバーだけでなく同乗者に対しても、ディスプレイやメーターによる表示、アラームによる警告や音声により、ドライバーの異常を検知したことを乗員に伝え、ドライバーに応答確認を行うと同時に、車線維持・車間維持・緩減速による車両の安定化などの運転支援及び衝突被害軽減機能などを自動で発動し、安全を確保する (Fig. 8)。



Fig. 8 Driver Assistance to Ensure a Safe Condition

(3) ドライバーが運転出来ないと判断された時

ドライバーが運転を継続できないとシステムが判断した場合は、クルマを安全に停車させた上で、必要に応じて緊急通報を自動で実施する (Fig. 9)。



Fig. 9 The System Drives and Deals with the Emergency Instead of the Driver

これらの基本機能がドライバーの状態に応じて順に作動することにより、事故発生リスク・被害を軽減し、早期のドライバーの救護・救命に寄与する。

## 4. 主な構成技術

### 4.1 ドライバー状態検知技術

内因性疾患による発作・急病などの体調急変や眠気・居眠りなど、ドライバーの状態に起因する事故発生リスクを軽減するため、システムが常にドライバーを見守るのがドライバー状態検知技術である。

2015年から車両のふらつきを統計的に判定することで運転操作のリスクを推定する機能を商品導入した。2019年に市場導入したMAZDA3以降は、ドライバーモニタリングカメラにより、視線・顔向きから判定する脇見検知、瞼の動きなどから眠気を判定する眠気検知を商品化し、ドライバーが要因となるリスクの低減に取り組んできた。

一方、ドライバーの意思では防ぎきれない運転中の体

調急変については、発作や疾患に伴う内因性事故の症例を分析した結果、脳機能の低下として症状が出る4疾患（てんかん、脳血管疾患、低血糖、心疾患）が事故の症例の約90%を占めることが分かった。そしてこれらに共通する症状である脳機能の低下を理解し、運転を継続できない状態になるリスクを、姿勢の位置・角度、視線や頭の動き、ステアリングやブレーキなどの運転操作から推定する技術に取り組んだ（Fig. 10）。また、居眠りを閉眼状態から判定する技術も積み上げた。



Fig. 10 How the System Monitors the Driver's Condition

#### (1) ドライバー異常検知技術

脳機能の低下の生じ方は、急激に運転機能が低下するケースと、徐々に運転機能が低下するケースと大きく2つに分かれる。

急激に運転機能が低下するケースにおいては、急激かつ全般的に脳機能が低下して意識消失に至る。このようなドライバー異常を検知する機能としては、意識が消失して運転姿勢が崩れた状態、及び閉眼が継続した状態を検知する。

姿勢崩れは、ステアリングを把持できていない状態や頭部の動き、姿勢の位置・角度から判定し、閉眼は、まぶたの開き度合いから閉眼状態を検知する。

#### (2) ドライバー異常予兆検知技術<sup>(1)</sup>

徐々に運転機能が低下するケースの多くは、脳の機能がまず低下して、最後には脳幹という生命維持を司る機能が低下する。そのことから、まずは脳が担っている意識的な行動に変化が起こり、次第に脳幹が担っている無意識的な反応のみが残る。こうした人の内部の変化メカニズムに基づけば、異常の予兆を検知できると考えた（Fig. 11）。

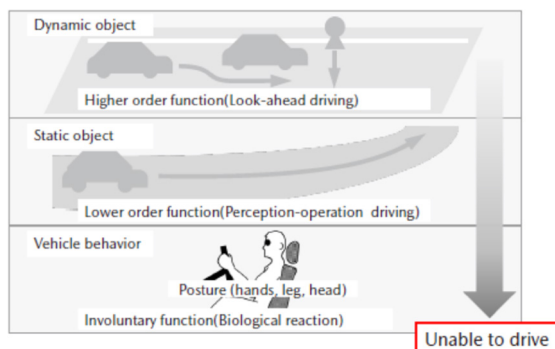


Fig. 11 Driving Functions

具体的には、以下 a, b, c, の3つのパラメーターで検知する。

#### a. 運転操作

運転操作は意識的な行動として見ているもので、その人の普段の操作から逸脱していないかという考え方に基づき、その人の運転シーンに応じたハンドルやペダル操作の予測値と、実際の運転操作の乖離度合いで推定する。

#### b. 頭部の挙動

頭部の動きについては、無意識的な行動変化として、正常な振動パターンから逸脱していないかという考え方に基づき車両挙動に応じて生じる顔向きの振動パターンの変化で推定する。

#### c. 視線挙動

視線挙動については、意識的・無意識的両方の側面があり、特定の箇所への視線の偏りが生じていないかという考え方に基づき、単に視線の動きを見るだけでなく、視覚的な情報を脳がどう感じているかをモデル化し、交通環境の変化に対する視線の動きと脳の反応モデルを組み合わせて推定する。

原理的に、人の視線挙動には、意識的に注意を向ける行動と、無意識的に注意が引かれる行動がある。

前者では、ドライバーが危険を予測したところに視線を向ける行動やミラーやメーターを確認する行動が該当し、後者では、色や輝度、動きなど、視覚的に目立つところに視線が向く行動が該当する。通常は、この2つがバランスを取りながら視線を動かしていると考えられる。

しかし、脳の機能低下が生じると、まずは脳の機能低下が生じ、意識的な視線挙動が消失し、無意識的に注意が引き付けられやすいところに視線が偏ってしまうと考えられる。この状態をとらえるためには、注意が引き付けられる箇所を特定する必要がある。そこで脳科学の知見を取り入れ、脳内の視覚情報処理のメカニズムを計算モデルに置き換え、運転中どこに注意が引き付けられやすいかをリアルタイムに特定可能なアルゴリズムを開発した。この注意の引き付けられやすさをサリエンシーと呼び、空間上に配置したものをサリエンシーマップと呼ぶ（Fig. 12）。

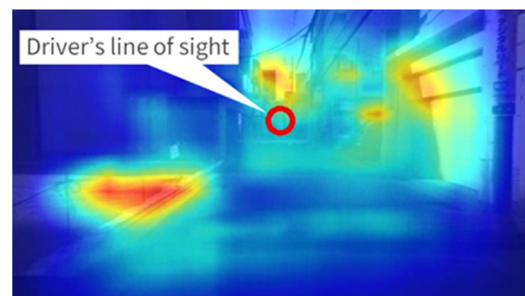


Fig. 12 Visualization of Visual Attention Characteristics by Saliency Map

ドライビングシミュレーターを用いて、健常者と脳疾患の患者から運転中の視線挙動のデータを取得した結果、健常者はサリエンシーの高いところだけでなく、周囲に視線を配っていた。一方で、脳疾患の患者は、運転に全く関係ない、ただサリエンシーの高いところに視線が偏る傾向がわかってきた (Fig. 13)。

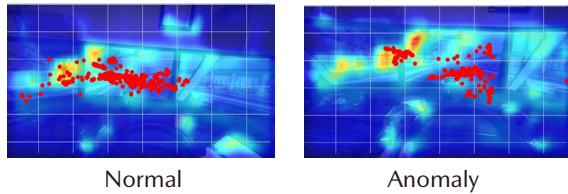


Fig. 13 Gaze Distribution of Normal and Anomaly

この傾向を使い、車両の前方をセンシングするカメラの情報からサリエンシーマップを生成し、ドライバーモニタリングカメラから得られたドライバーの視線を重ね合わせ、脳の異常発生時に受動的に注意が引かれる箇所へ視線が偏る変化をとらえ、ドライバーの異変をいち早く検知する。

運転中の速度増加に伴い有効視野が低下することや、ドライバーはリスク対象を見つけた場合その対象へ注意を残しつつ他の対象にも注意を向けて周辺状況を把握する。これらのことも考慮してモデルを構築した。

なお、交通環境のリスクの高さは自動走行の経路生成でも用いられるリスクポテンシャル (Risk potential method) で定量化している。

#### 4.2 ヒューマン・マシン・インターフェース

ドライバーが運転を継続できなくなった場合、同乗者がパニックや不安になることが想定される。不安をできる限り解消し、システムの制御に安心して任せられることをねらいに、制御介入後のメーター、ディスプレイの表示や音声案内を作り込んだ (Fig. 14)。



Fig. 14 HMIs for Communicating with Passengers

同乗者が安心感を抱くには、2つの機能が必要だと考えた。

一つは、システムの作動状況が分かることである。具

体的には、バックアップとして待機していたシステムが、ドライバーの異常を検知して起動する際に、「ドライバーの異常を検知しました」という表示と音声案内で示し、それと同時にクルマに神経が宿り表出する様子をデザインし、制御が発動したことをアニメーションで示している。システム作動中は常にオレンジ色の輪環が回りながらクルマの周りを囲んでおり、クルマと乗員を守り続けている様子を伝えている。また、「赤信号を検知して停車する」などの状況判断をシステムから伝えている。

二つめは、同乗者が先を予測できることである。数秒先に何が起こるか、システムがどう動こうとしているかを表示と音声案内であらかじめ伝えている。具体的には、「車線変更します」「安全な場所へ移動します」「停車します」などをあらかじめ伝えた上で、同乗者の予測に符合した制御を実行している。

これらにより、同乗者にとって安心感の高いインタラクションを実現している (Fig. 15)。



a) Inform Passengers that the Driver's Abnormality was Detected



b) Inform Passengers that the Vehicle will Stop

Fig. 15 Reassuring Interactions

#### 4.3 ドライバー異常時退避技術

MAZDA CO-PILOT CONCEPT 技術試作車は、高速道路/自動車専用道路では、車線変更して路肩や非常駐車帯などに移動する。一般道路では車線変更し、路肩等の安全な場所を探索し退避する技術を搭載している。特に一般道路では、路上駐車車両を避ける、赤信号の交差

点への侵入を回避する、自転車・歩行者を検知して停車するなど、同乗者や周囲の交通参加者にも安心できる車両の動かし方や、安全上ベストエフォートと感じられる停車を目指した。

ベース車両である MAZDA3 に対して、追加したセンシングデバイスを示す (Fig. 16)。

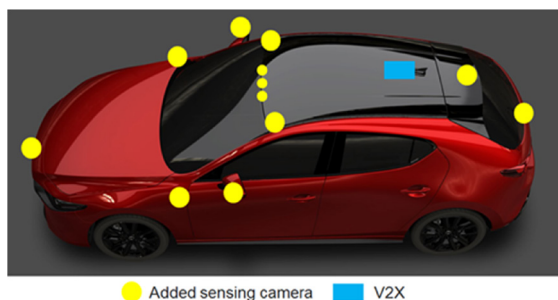


Fig. 16 Device that Realizes Advanced Driving Assistance

追加したカメラは合計 12 台である。一般道路において、他車両を検知しながら車線変更する機能、安全に停車できる場所を自律で探索する機能、道路端から脱出・救護のスペースを空ける精度の高い路肩退避機能、路上駐車車両を避ける機能、赤信号の交差点への侵入を回避するための信号検知機能、自転車・歩行者を検知して停車する機能などを実現するために、これらのカメラを用いて認識性能を向上させている。また高精度な自己位置推定を行うため、12 カメラを使って取得した画像を重ねあわせて学習させていくことで、運転支援に使える地図を自前で生成する機能も実装した。

追加した V2X の機能は、主に信号機より受信した信号切り替えタイミング情報を用いてジレンマゾーン（システムが進むべきか停止すべきか迷う状態）を解消する制御に活用している。

#### (1) 走行環境の特徴を利用した危険予測技術<sup>(2)</sup>

走行環境から潜在的危険を予測する技術として、他車の車線変更予測と、歩行者や自転車の飛び出し予測について開発してきた。

##### a. 他車の車線変更予測技術

従来の車線変更予測では、予測対象とする他車の予備動作や周辺車両との車間距離から車線変更を予測したが、予測対象が車線変更を決断する車間ギャップのモデル (Fig. 17) を応用することで、実際に車線変更を行う 2.0 秒前の予測が可能となり、他車の横方向からの衝突を回避可能とする目途が付いた。

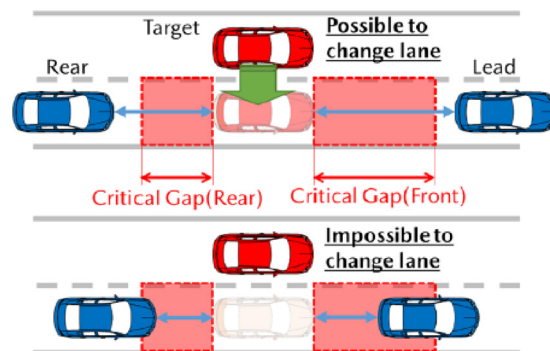


Fig. 17 Gap Acceptance Decision Model

##### b. 歩行者や自転車の飛び出し予測技術

飛び出し予測では環境の危険度を予測する先行研究があるが、飛び出す対象をあらかじめ把握する必要があった。そこで、飛び出すのが歩行者か自転車かを一方通行やビルの壁、歩道の有無などの環境特徴から予測する技術の研究に取り組んだ (Fig. 18)。

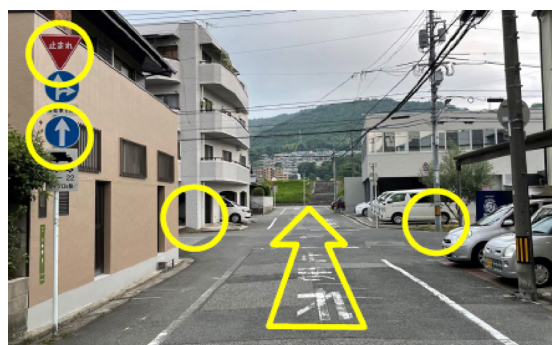


Fig. 18 Context Example  
(Priority/Non-Priority, Road Width, etc.)

統計的に説明可能なモデル化を進めることで、環境特徴が歩行者、自転車の行動に影響を与えることが明らかになった。

環境特徴から飛び出してくるのが歩行者か自転車かを判別する機能を開発し、予測性能の向上の目途が立った。MAZDA CO-PILOT CONCEPT 技術試作車は、さまざまな交通環境でのデータ取得や実証実験を行っている (Fig. 19)。実走行環境の検証を積み重ねることで、優れた環境適合性を備えた技術に改良していく。

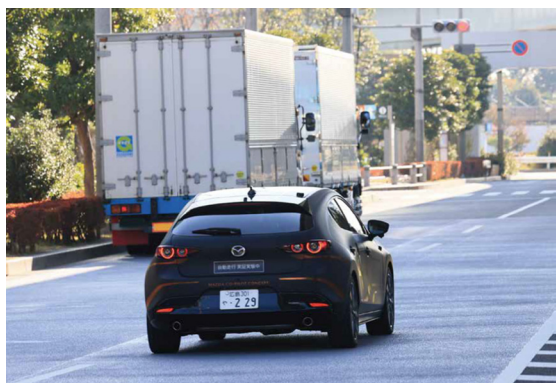


Fig. 19 MAZDA CO-PILOT CONCEPT  
Technical Experience Meeting @ Odaiba (2021)

## 5. おわりに

本稿では、MAZDA CO-PILOT CONCEPTに基づく技術試作車と主な構成技術について紹介した。MAZDA CO-PILOT CONCEPTの実現は、安心していつまでも運転を続ける環境を作り出し、運転を続けることで人の心と体の健康維持や生活の質向上につながると考えている。

これからも全ての人に安心・安全な「走る喜び」を提供することで、お客さまの人生をより豊かにし、お客さまとの間に特別な絆を持ったブランドになることを目指していく。

## 参考文献

- (1) 桑原潤一郎ほか：視認行動と運転操作に基づくドライバー体調急変の早期検知技術，[マツダ技報](#)，[No.38](#)，pp.91-97 (2021)
- (2) 菅野崇ほか：走行環境の特徴を利用した危険予測技術，[マツダ技報](#)，[No.38](#)，pp.98-104 (2021)

## ■ 著 者 ■



梶岡 孝宏



山本 康典



岩下 洋平



菅野 崇



藤原 由貴



高橋 英輝



岩瀬 耕二



桑原 潤一郎



吉岡 透



田内 一志