

## 2.3 ドライバー異常検知手法の技術要件等

### 2.3.1 ドライバー異常検知方式

ドライバー異常を検知する機能としては、ドライバー自ら異常を判断し作動スイッチを押下する「ドライバー押しボタン型」、ドライバーの異常を同乗者が判断し作動スイッチを押下する「同乗者押しボタン型」、異常を自動で検知する「ドライバー異常自動検知型」の3つのパターンが想定される。以下にそれぞれの方式について記載するが、「ドライバー押しボタン型」と「同乗者押しボタン型」については第5期ASVにて検討されているためここでは抜粋引用に留める。詳細については「先進安全自動車（ASV）推進計画報告書－第5期ASV推進計画における活動成果について－」を参照されたい。

#### 2.3.1.1 押しボタン型

##### 2.3.1.1.1 ドライバー押しボタン型

ドライバー押しボタン型は、ドライバーによるボタン押下によって異常を検知する。ボタン押下は、制御をシステムに権限委譲するドライバー自身の意思表示であるため、異常を検知するとシステムは直ちに制御を開始する（ただし、ドライバーの押し間違いを考慮して一定時間を設けてもよい）。「押しボタン」の形態としては、指や手で押すものに限定せず、スイッチ全般を含むものとする。

##### 2.3.1.1.2 同乗者押しボタン型

同乗者押しボタン型は、同乗者によるボタン押下によって異常を検知する。異常を検知すると、異常自動検知型同様、まずドライバーに作動解除を喚起する報知を行なう。同乗者による誤操作やいたずらである場合（ドライバーが異常でない場合）には、ドライバーはシステムの作動を解除する操作を行ない、制御は実行されないことになる。一方で、正しく検知された場合（ドライバーが異常の場合）には、ドライバーが一定時間解除操作を行なわないことをもって、ドライバーが異常であると確定判断（異常確定）し、制御が開始される。制御が実施されている間は、ドライバーだけでなく、同乗者及び車外の道路ユーザーへも、システムが制御を実行中であることを報知し、車両が停止した後も報知を継続する。その後、例えば救助者がシステムの解除操作を行なうと、システムの作動が停止する。

制御に対する備えを促すために、制御が開始される以前に、同乗者や車外の道路ユーザーへ予め報知をすることも許容する。また、押しボタンを押下した同乗者に対して、システムが押下を認識したことを報知してもよい。「押しボタン」の形態としては、指や手で押すものに限定せず、スイッチ全般を含むものとする。

##### 2.3.1.2 異常自動検知型

異常自動検知型では、ドライバー異常を自動検知すると、まずドライバーに作動解除を喚起する報知を行なう。誤検知である場合（ドライバーが異常でない場合）には、

ドライバーはシステムの作動を解除する操作を行ない、制御は実行されないことになる。一方で、正しく検知された場合（ドライバーが異常の場合）には、ドライバーが一定時間解除操作を行なわないことをもって、ドライバーが異常であると確定判断し、制御が開始される。制御が実施されている間は、ドライバーだけでなく、同乗者及び車外の道路ユーザーへも、システムが制御を実行中であることを報知し、車両が停止した後も報知を継続する。その後、例えば救助者がシステムの解除操作を行なうと、システムの作動が停止する。

#### 2.3.1.2.1 異常自動検知システムの検知対象

突然の脳血管疾患、心疾患、消化器疾患、失神等、ドライバー異常のうち、ひとたび症状が出たら安全運転することが困難な状態を対象とした。あらかじめ予測される、飲酒、体調管理不足、疲労、病気、薬物等による体調不良もしくは異常は対象外とするが、このような体調不良もしくは異常を今回対象とするドライバー異常と明確に区別することは困難な場合があると考えられることから、排除するものではないとした。

#### 2.3.1.2.2 異常自動検知方法の検討

ドライバー異常による事故例として複数の文献<sup>参考文献(1)-(6)</sup>に、脳血管疾患、心・大動脈疾患、糖尿病、てんかん等の症状が要因となっていることが記載されている。これら疾患を運転中に発症した際に直接検知することができればよいが、そのような診断を伴う車載センサーは存在しない。したがって、疾患によって起こる症状を工学的手段で検知する方法を検討するために、ASV推進計画に参画するメーカーの知見と医療関係者へのヒアリング<sup>\*</sup>を通じ得られた情報を整理しドライバー状態マトリクスを作成した<sup>付表1)~3)</sup>。このドライバー状態マトリクスは、疾患と症状の関係<sup>付表1)</sup>、症状と検知項目の関係<sup>付表2)</sup>、検知項目と指標の関係<sup>付表3)</sup>を整理したものである。疾患から生じるドライバー異常の症状は、顔つき（顔をしかめる）、冷や汗、顔色、姿勢に関しては、仰け反りや突っ伏し等の継続、全身のけいれん、閉眼の継続や眼球運動の喪失等が医学的に挙げられる。例えば、糖尿病は血压異常で上記の様々な症状に繋がることが知られている。てんかんも治療や投薬が適切にされていない場合に上記の様々な症状になることが知られている。

ドライバー状態マトリクスを用いてどのようにドライバー異常を検知するか一例を用いて説明する。例えば脳血管疾患に伴い起こり得る症状としては、意識低下、眼球の偏位、けいれん、麻痺、手足を伸ばす、仰け反る、表情なし等が挙げられる。それら症状のひとつである仰け反りの検知項目としては姿勢崩れがあり顔向きのピッチ角（上下）から工学的に検知可能であるといった具合である。なお、ドライバー異常の検知目的は疾患の種類を特定することではなく、異常か否かを判断することであるため、ドライバー異常検知のアプローチとは逆のアプローチである顔向きピッチ角の値から疾患に遡り疾患を特定することは想定していない。

資料編の資料4-4のドライバー異常自動検知システム基本設計書（以下、2.3節で

は「基本設計書」という。)の付表1)に疾患と症状の関係、付表2)に症状と検知項目の関係、付表3)に検知項目と指標の関係を示す。

※医療関係者へのヒアリング(平成29年10月実施)

ドライバー状態マトリクスを作成するにあたり医学的知見を有する以下の方々に御協力いただいた。なお、記載の所属はヒアリング当時である。

- ・益子 邦洋 医療法人社団 永生会 南多摩病院 院長  
第6期ASV推進検討会委員であり救急救命のスペシャリスト
- ・一杉 正仁 滋賀医科大学 医学部社会医学講座 法医学部門 教授  
法医学の観点からドライバー異常の実態調査実績、論文多数
- ・鶴嶋 英夫 筑波大学 医学医療系 准教授 病院教授  
専門は脳神経外科。AMECC\*で健康起因交通事故撲滅のための共同研究実施
- ・町野 毅 筑波大学 つくば臨床医学研究開発機構 循環器内科 病院講師  
専門は循環器科。AMECC\*で健康起因交通事故撲滅のための共同研究実施
- ・室井 愛 筑波大学  
専門は脳神経外科。AMECC\*で健康起因交通事故撲滅のための共同研究実施
- ・丸島 愛樹 筑波大学 医学医療系 講師  
専門は脳神経外科。AMECC\*で健康起因交通事故撲滅のための共同研究実施
- ・坂倉 和樹 筑波大学附属病院 脳神経外科  
専門はてんかん・精神科。AMECC\*で健康起因交通事故撲滅のための共同研究実施

※AMECC:健康起因交通事故撲滅のための医工連携研究開発コンソーシアム

【参考文献】

- (1) 本澤養樹ほか:剖検例から見た運転中の病死例について  
自動車技術会春季大会前刷集 No.41-04 p.9-12(2004)
- (2) 安川淳ほか:剖検例に基づく自動車運転姿勢再現の試みー運転中の意識消失の可能性を考えるー  
日本交通科学協議会誌 第11巻第2号(2011)
- (3) 一杉正仁:タクシー運転中の病気発症による事故の実態調査ードライブレコーダーによる解析ー  
日本交通科学学会(2013)
- (4) 河内茂紀ほか:意識消失時の自動車運転姿勢再現による事故予防対策について  
日本職業・災害医学会会誌(JJOMT)61(2),144-147(2013)
- (5) 一杉正仁:体調変化に起因した事故の現状と予防対策  
自動車技術 Vol.70 No.3(2016)
- (6) 一杉正仁:疾病と自動車運転ー体調起因性事故を予防するために  
自動車技術 Vol.71 No.12(2017)

### 2.3.1.2.3 異常自動検知プロセス

#### 2.3.1.2.3.1 検知方法

次節に記載の検知項目について指標が閾値に達した場合、またはこれに加えて応答確認アクチュエーション開始から一定時間内にドライバーから応答がない場合に、ドライバー異常が発生したものと検知することとする。ここで、一定時間とは、運転継続可能なドライバーが応答確認アクチュエーションに対して応答できるよう適切な時間とした。一定時間の参考例として、減速停止型ドライバー異常時対応システムの「作動開始報知」から制御開始までの猶予時間として規定されている3.2秒以上がある。指標が閾値に達しない場合、またはドライバーがハンドル、アクセル・ブレーキ、スイッチ等を適切に操作したと判断される場合には、ドライバーは運転継続可能な状態にあるものとする。

なお、事故を誘発するリスクを低減するために可能な限り短時間で異常を検知することが望ましい。図2-10にドライバー異常時対応システムの基本プロセスとドライバー異常検知プロセスの概要を示す。

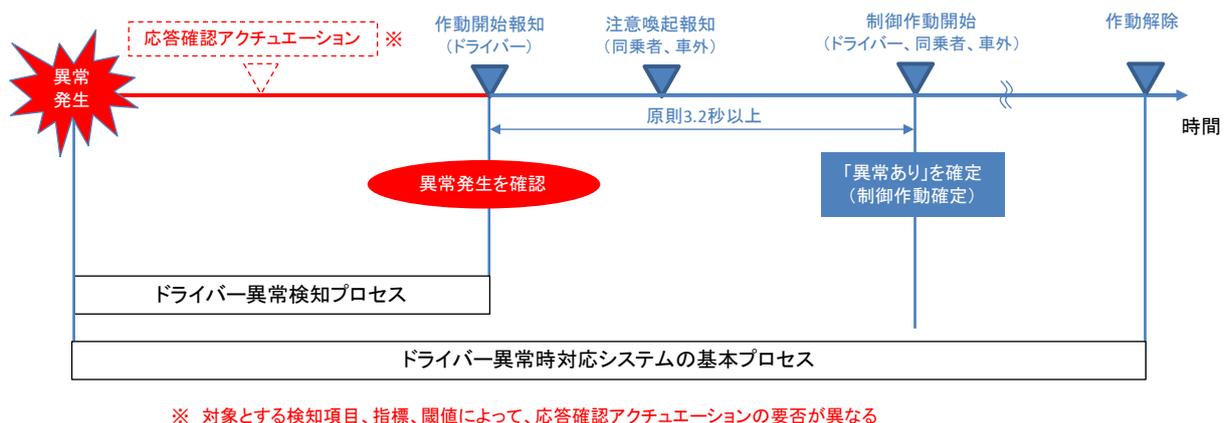


図2-10 ドライバー異常検知プロセス

#### 2.3.1.2.3.2 検知項目

2.3.1.2.2節に記載のドライバー状態マトリクスは医学的見地から検知指標まで落とし込んだものであるが検知手段としては単独で検知可能な指標ばかりではなく、技術的にもまだ未成熟なもの、運転中に安定して検知することが困難なものも多く含まれている。したがって、現時点で有用な検知項目の絞り込みが必要と考えた。

ドライバー状態マトリクスからは脳血管疾患、心・大動脈疾患、糖尿病、てんかんの症状から現れる事象として、「姿勢崩れ」、「閉眼」、「運転操作なし」等が挙げられた。その中でも、前方不注視状態が継続することにより運転危険度が高くなると考えられる「姿勢崩れ状態」及び「閉眼状態」、並びに意識喪失状態が継続することにより運転危険度が高くなる状態と考えられる「ハンドル無操作状態」の3つが、医学的見地と早期実用化の観点及び運転中に検知可能な検知項目として選択された。

「姿勢崩れ状態」は、物理量（角度や関節位置）への置き換えが比較的行いやすく、

数値で閾値を定義することも可能である。「閉眼状態」も同様に物理量での置き換えが比較的容易に行える利点がある。「ハンドル無操作状態」はこれ単独による推定は難しい点があるが、応答確認アクションや複数の検知項目との組み合わせで検知確度を上げることができる。なお、ドライバー異常を検知可能なものとして「開眼状態」や「視線や眼球の状態」が挙げられるほか、視線固着や注意の働きと相関があると言われているサッケードによって意識の有無を判断できると考えられるが、開眼状態は個人差があり、視線や眼球運動からの検知技術は発展途上であることから、今後の技術の進展に応じて検知項目を追加していくことが望ましいとした。

なお、検知項目ごとの具体的な検知方法は 2.3.1.3 節に記載する。

#### 2.3.1.2.3.3 応答確認アクションの方法

応答確認アクションを実施する場合の方法は視覚によるものを必須とし、聴覚、触覚、緩減速等による体感の少なくともいずれかによるものも必須とした。

応答確認アクションはドライバーが運転を継続できる状態にあるか否かを確認するための手続きで実施は検知項目によって任意とし、開始タイミングは、使用する検知項目の検知確度を考慮して適切に設定することとした。車速や運転支援システム（車線維持支援制御装置や定速走行・車間距離制御装置等）の作動状況に応じて可変にしてもよい。

#### 2.3.1.2.4 異常予兆検知プロセス

ドライバー異常自動検知を用いたドライバー異常時対応システムでは、ドライバー異常検知してから制御作動までに一定の時間がかかるため、ドライバーもシステムも車両を制御していない空走時間が発生し、場合によっては制御作動が開始されるまでに事故に至ってしまう可能性がある。そこで、ドライバー異常が発生する数分～数秒前を対象として、運転は継続できているが、ドライバー異常の発生が推測されるドライバーの変化、すなわちドライバー異常予兆を検知することを検討した。具体的には、異常検知プロセス中の安全支援や異常確定が早期化できる可能性を整理した上で、ドライバー異常予兆検知の技術的可能性及び要件検討を行った。図 2-11 に異常予兆検知の有無によるドライバー異常時対応システムの基本プロセスの概要を示す。

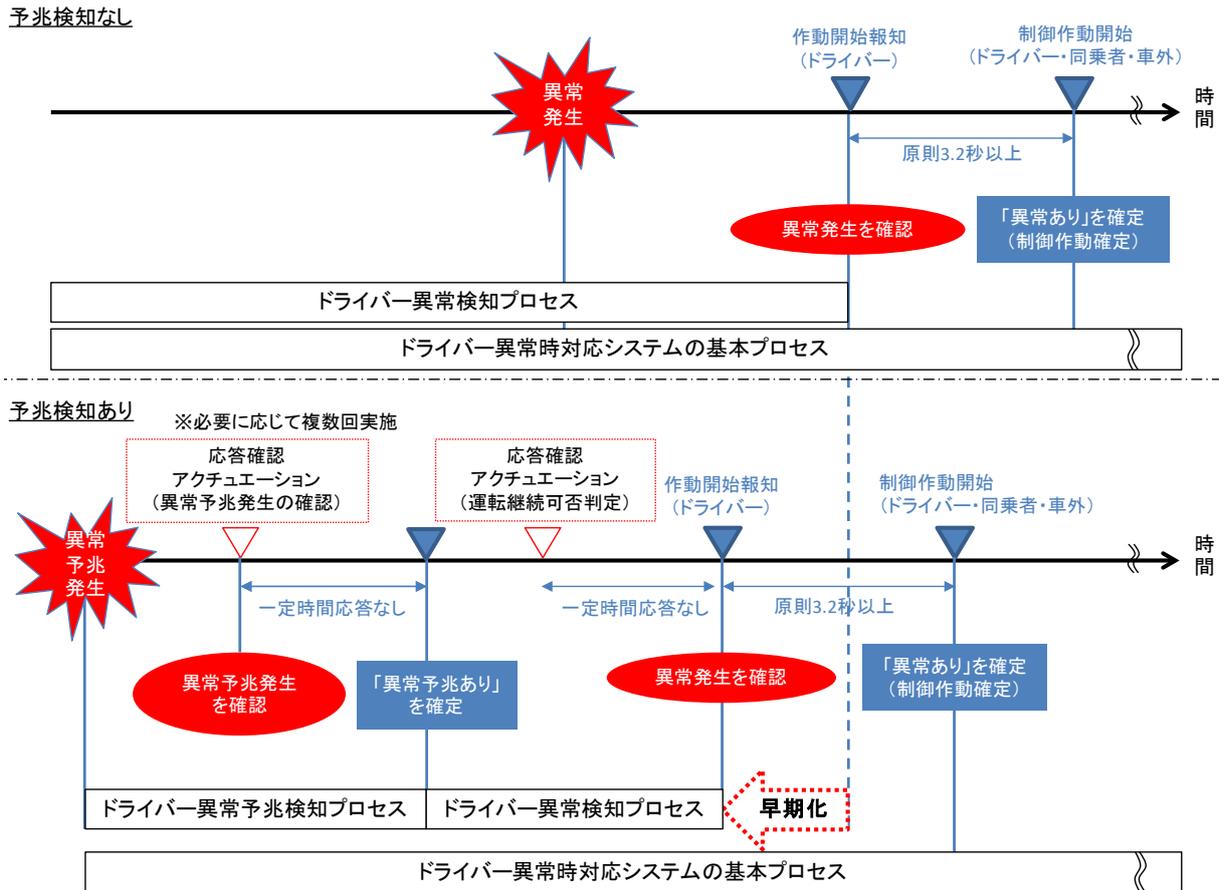


図 2-11 ドライバー異常予兆検知の位置付け

#### 2.2.1.2.4.1 検知方法

現時点の技術水準を考慮すると、検知項目のみの異常予兆検知では、センサーの検知誤差の発生や、漫然運転・眠気の発生等の一時的にドライバーのヒューマンエラーが発生している事象との区別が難しいケースがあると考えられたため、ドライバー異常予兆検知機能には、異常予兆確定のための応答確認アクチュエーションを必須とした。具体的には、図 2-11 の下段に示すとおり、異常予兆の検知指標がシステム固有の判定基準（閾値等）に達し、異常予兆の発生を確認した際、異常予兆を確定するための応答確認アクチュエーションを実施することとした。その開始から一定時間にドライバーから応答がないか、応答レベルから異常発生が予測される場合、ドライバー異常予兆が確定となる。

#### 2.2.1.2.4.2 検知項目

ドライバー異常予兆検知の検知項目を検討するにあたり、ドライバー異常検知と同様に、ドライバーを検知するセンサーデバイスや車両状態信号を用いた方法を念頭に置き、早期実用化が期待できる観点と、医学的なエビデンスが確認できるという観点で整理した。医学有識者へのヒアリングを経て整理した結果、「血行動態の低下」、「眼球の偏り」、「車両のふらつき」の3つの検知項目について要件を具体化することとした。その具体的な検知方法は後述する。

#### 2.2.1.2.4.3 応答確認アクチュエーションの方法

異常予兆確定のための応答確認アクチュエーションの手段については、医療現場で活用されている患者の意識レベルの確認方法である、Japan Coma Scale の考え方等を参考に検討を重ね、刺激の弱い手段から開始して、徐々に刺激強度を高めて反応を確認する方法や、1回のみが強めの応答確認アクチュエーションに対する反応を確認する方法等が検討された。一方、何度も応答確認アクチュエーションが繰り返されて、受容性低下を招く恐れも指摘された。最終的には、詳細な手段は規定せず、予兆検知項目の精度を考慮して適切に設定することとした。

#### 2.2.1.2.4.4 異常予兆機能併用時のドライバー異常検知プロセス

まず、異常予兆検知機能を利用することのメリットについて検討した。検討当初、ドライバー異常予兆確定後に異常検知プロセスを省略し、制御動作に移行する案もあったが、異常検知に比べて、異常予兆検知の精度が高くできないことを考慮して慎重に議論した結果、異常検知プロセスを省略するのではなく、異常検知プロセスの短縮化を主眼に置いて検討を行った。具体的には、ドライバー異常予兆が確定後、異常検知プロセスとして応答確認アクチュエーションを行い、反応が見られない場合は、異常確定と判断してもよいこととした。(図 2-12 (1))。また、ドライバー異常が発生する可能性が高まることから、異常検知の時間閾値を短縮することも可能とした(図 2-12 (2))。これにより、異常検知プロセスの時間短縮が可能となり、結果としてドライバー異常時対応システムの制御作動確定が早期化されることにつながることを示した。

また、異常検知プロセスの時間短縮という直接的なメリットに加え、異常検知プロセス中の安全確保の観点で、事故リスクを低減するための機能を付加することも検討した。具体的には、緩減速や車間を確保するための速度制御等の機能により、より安全な車両状態を確保することや(図 2-12 (3))、注意喚起のための情報提示を行い、ドライバー自らが運転継続を中止する行動を促すこと(図 2-12 (4))を織り込んだ。

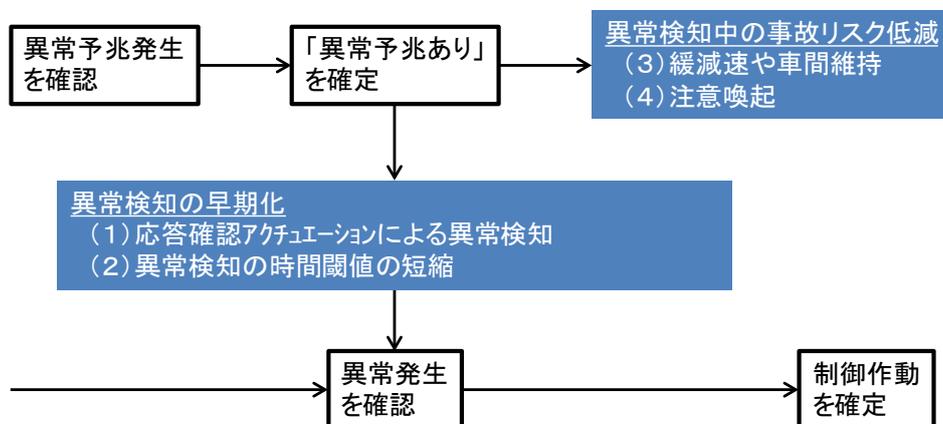


図 2-12 異常予兆検知後のシステム動作

### 2.3.1.3 異常検知方法

ドライバー異常検知プロセス及びドライバー異常予兆検知プロセスにおける検知項目を表2-3に示す。

表 2-3 検知項目ごとの具体的な検知方法

	整理番号	検知項目	異常検知	異常予兆検知
ドライバー状態 (Driver Status)	DS-1	姿勢崩れ	○	
	DS-2	閉眼	○	
	DS-3	ハンドル無操作	○	
	DS-4	血行動態の低下	△	○
	DS-5	眼球の偏り	△	○
運転行動 (Driving Behavior)				
車両挙動 (Vehicle Behavior)	VB-1	車両のふらつき	△	○

※○：可、△：異常予兆確定後の応答確認アクチュエーションにより可

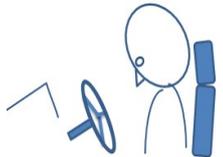
#### 2.3.1.3.1 DS-1：姿勢崩れ

##### (1) 概要

姿勢によりドライバー異常を検知する方法である。ドライバーの意識喪失等による姿勢崩れのパターンは様々考えられるが、医療関係者等へのヒアリングを通じて整理し、起こりうることを確認できたものを表 2-4 にまとめた。人間の骨格、関節の可動域、筋肉の付き方は複雑であり、姿勢パターンに基づいて、正常時の運転姿勢からの逸脱を姿勢崩れと定義し、姿勢崩れの継続時間を指標とすることを試みた。

応答確認アクチュエーションの実施は任意とした。応答確認アクチュエーションと組み合わせることで、検知精度向上が見込めるが、姿勢崩れが長時間継続した場合は高い確率でドライバー異常が発生したと推定され、事故を誘発するリスクを低減するために可能な限り短時間で異常検知することが望ましいと考えたためである。

表 2-4 姿勢崩れパターン一覧

姿勢崩れパターン	イメージ図	説明
突っ伏し		ドライバーが前方に倒れ、ハンドル付近まで顔が来ている姿勢が継続している状態
うつむき		ドライバーの顔が下を向いている姿勢が継続している状態
仰け反り		ドライバーの上半身が後方に傾き、顔が上を向いている姿勢が継続している状態
えび反り		ドライバーの上半身が反り上がり、顔が上に向いている姿勢が継続している状態
首のみ横倒れ		ドライバーの頭が左または右に傾いている姿勢が継続している状態
横倒れ		ドライバーの上半身が左または右に傾き、顔も同方向に傾いている姿勢が継続している状態
横もたれ		ドライバーの上半身が左または右に傾いている姿勢が継続している状態

(2) 疾患との関係

表 2-4 に示した姿勢崩れパターンは意識喪失等による筋弛緩やてんかん等の際に起こる硬直により発現する可能性があると考え設定したものであるが、2.3.2 節に示す調査検証から実際のドライバー異常時のデータ分析でも同様の姿勢崩れパターンが起こることが裏付けられた。ただし、調査検証から得られた実際のドライバー異常時の姿勢崩れパターンは表 2-4 に示した単純なものに加え複合的な挙動があることがわかった。また、疾病・疾患の種類と姿勢崩れパターンとの関係は様々であることがわかった。

(3) 指標及び閾値等

姿勢崩れとして定義した 7 パターンを検出するための指標として以下の 3 つを用いることとした。

- ①顔位置 (x,y,z) の基準位置からのズレ
- ②顔向き (ヨー/ピッチ/ロール) の角度
- ③継続時間

顔位置、顔向きの軸の定義を図2-13に示す。

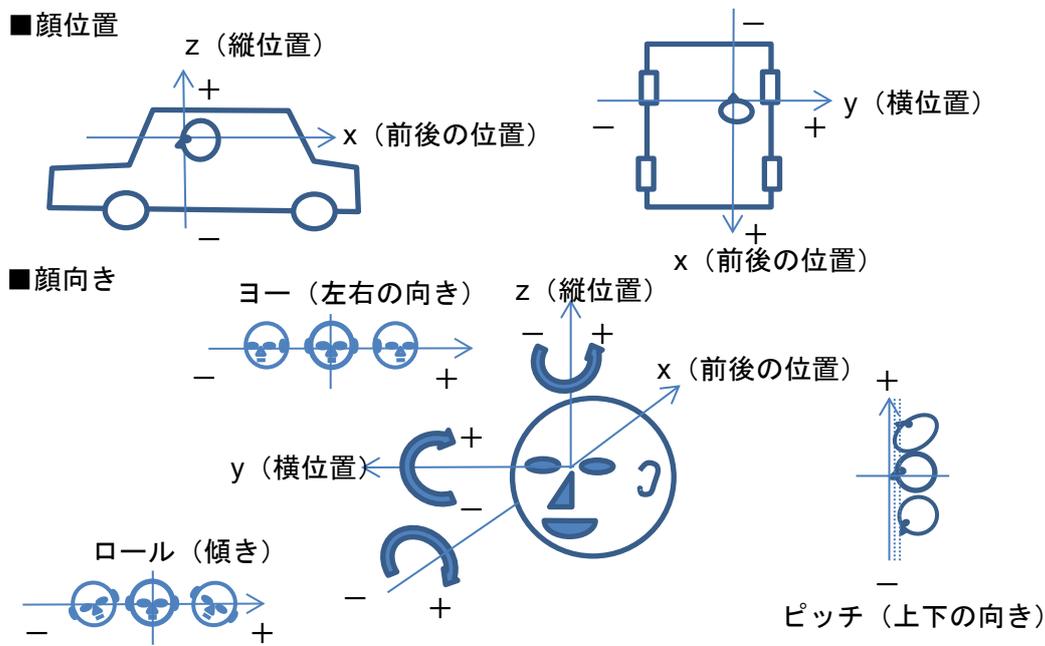


図2-13 顔位置、顔向きの軸の定義

基準位置は、ドライバーの体格やシートポジション、運転スタイルによって個人差があり、また、同じドライバーでも長時間運転による疲れ等で姿勢を変化させる可能性があることを考慮し、姿勢崩れが起きる前で一定時間安定して運転しているとみなされる姿勢での顔位置とした。また、顔位置や顔向きは運転中のドライバーを撮像するカメラで検知することが想定されるが、姿勢崩れによりカメラの画角範囲を外れ崩れた状態を捉えられない場合もあるため姿勢崩れに至る過渡的な状態から推定してもよいとした。

次に閾値の設定について述べる。正常ドライバー並びに異常ドライバーの映像情報等を調査検証(2.3.2節)したところ、検出することが難しい異常ドライバーの姿勢や、正常ドライバーと異常ドライバーの姿勢には重複する部分があることが判明した。そこで、閾値の設定に際しては、以下の考えのもと導き出した。すなわち、異常ドライバーに対して「異常」と極力正しい判定をすることを基本として、正常ドライバーに対して「異常」と誤った判定しないことを考慮し、配慮事項等を付加することで、各姿勢崩れパターンの閾値を合理的に導いた。

上記「閾値の基本的考え方」に際して重要な事項を以下に付記する。

- ①異常ドライバーは見逃さないことが基本であるが、現時点では全ての異常ドラ

イバーを検出することは、技術的判別が難しいため異常ドライバーを極力正検出<sup>※1</sup>させる。

②正常ドライバーの運転に必要な行動時には、極力正常ドライバーを誤検出<sup>※2</sup>させない。

③7つの姿勢崩れパターン間で閾値が重複する場合は、全体の正検出率を高めつつ誤検出率を減らすように、各パターンの閾値を調整した。

(例示)

複数閾値の突っ伏しと、単一閾値のうつむきのピッチ角度の関係

④各姿勢崩れパターンの相互組み合わせによる累積時間で判定することは定めない。正検出の向上及び誤検出の防止対応が可能な場合は、累積時間で判定することは妨げない。

※1 正検出：ドライバーの正常状態を「正常」として判定すること。ドライバーの異常状態を「異常」として判定すること。

※2 誤検出：ドライバーの異常状態を「正常」として判定すること。ドライバーの正常状態を「異常」として判定すること。なお、システム等の故障の要因は含まない。

上記の基本的な考え方に基づいて導出した各姿勢崩れパターンの閾値を表 2-5、表 2-6 に示す。

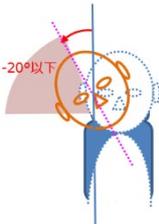
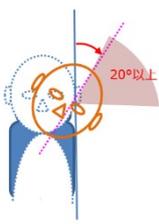
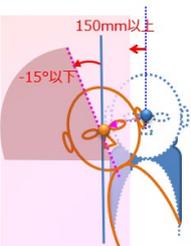
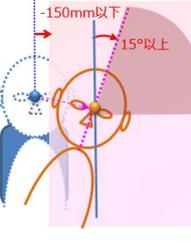
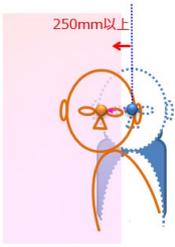
表 2-5 各姿勢崩れパターンの閾値（その1）

姿勢崩れパターン	閾値イメージ	閾値						継続時間
		x (前後)	y (横)	z (縦)	ヨー	ピッチ	ロール	
突っ伏し		-150 mm 以下	-	-100 mm 以下	-	-15° 以下	-	2 秒以上 の値を 適切に 設定
うつむき		-	-	-	-	-20° 以下	-	
仰け反り		+50 mm 以上	-	-	-	+15° 以上	-	
えび反り		-	-	-	-	+20° 以上	-	

—：値を規定せず（任意の値をとり得る）

つづく

表 2-6 各姿勢崩れパターンの閾値（その2）

姿勢崩れパターン	閾値イメージ	閾値						継続時間
		x (前後)	y (横)	z (縦)	ヨー	ピッチ	ロール	
首のみ横倒れ		-	-	-	-	-	-20°以下	2秒以上の値を適切に設定
		-	-	-	-	-	+20°以上	
横倒れ		-	+150mm以上	-	-	-	-15°以下	
		-	-150mm以下	-	-	-	+15°以上	
横もたれ		-	+250mm以上	-	-	-	-	
		-	-250mm以下	-	-	-	-	

—：値を規定せず（任意の値をとり得る）

ドライバー異常検知に用いる顔位置、顔向きは、正常ドライバーの通常運転時の姿勢挙動データ（以下、「正常データ」という。）、及び実際にドライバー異常が発生した際のドライブレコーダー映像から姿勢挙動を数値化したデータ（以下、「異常データ」という。）を比較解析することで導出した。具体的には、正常データとしてトラック（近距離便、長距離便）、バス（高速、路線）、乗用車（一般シート、バケットシート）の車両を用い、性別及び年代を適度に分配した31人のドライバーに対し、顔位置、顔向き等の姿勢が計測できる計測器を装備し各2時間程度のデータを取得した。一方、異常時データは意図して収集することが困難なため、過去事例データを保有する関係者に提供を御協力いただき、それを画像解析することでドライバー姿勢を数値化した。

閾値は正常データと異常データを明確に区別できるところに設定することが望ましいが、実際には正常ドライバーであっても通常運転姿勢から短時間の間で変化することがあるため、閾値の基準の設定においては、実際は正常データであっても異常データとして判定される、又は実際は異常データであっても正常データとして判定される場合がある。これはすなわち、異常ドライバーを確実に検出できる閾値に設定した場合、正常ドライバーを誤検出する可能性があり、反対に正常ドライバーを異常ドライバーと誤検出することのない閾値に設定した場合、異常ドライバーの検出を見逃す可能性があることを意味する。

これら相反する中で、異常ドライバーをできるだけ正検出することを優先して閾値を設定した。その理由は、正常データを詳細に解析した結果、本閾値で正常ドライバーを異常ドライバーと誤検出するケースとしては停止間際の低速域や後退時等、特定のシーンで発生しており、ドライバー姿勢と車両信号等を組み合わせることにより誤検出を低減することが可能と考えたためである。

また、正常ドライバーが通常運転姿勢から姿勢を変化させるのは極めて短時間であることから、異常ドライバーの姿勢変化と判別可能な継続時間を閾値として設定した。なお、時間閾値については、NHTSA（National Highway Traffic Safety Administration：米国運輸省道路交通安全局、以下同じ。）のガイドライン等でも示されている2秒を目安として2秒以上とした。この時間閾値を適切に設定することにより正常ドライバーを異常ドライバーと誤検出するケースを低減することができる。ただし、この時間は車速や車両の周囲環境によって下限時間は変わってくるものと考えられるので、状況に応じ柔軟に適切に設定しても良いとした。

さらに、ドライバーの姿勢検知には検知性能上の精度限界があるので設計の際はそれを考慮の上、閾値を設定しても良いとした。詳細については基本設計書を参照されたい。

### 2.3.1.3.2 DS-2：閉眼

#### (1) 概要

閉眼、すなわち目を閉じた状態からドライバー異常を検知する方法である。ドライ

バー異常が発生した場合の目の開閉状態は必ずしも閉眼だけではなく、目が開いた状態である開眼も想定される。しかし開眼はドライバーが正常な状態でも行うため、ドライバー異常を検知するためには判定条件の研究が必要である。一方、閉眼は周囲の状況を視認することができず、閉眼状態を継続すれば安全運転の遂行が困難になるため、正常なドライバーが閉眼を継続することは通常では考えにくい。したがって閉眼継続時間を適切に設定することでドライバー異常を検出することが可能と考えた。なお、居眠りに由来した閉眼があり、閉眼だけでドライバー異常と居眠りを区別することは容易ではないが、安全運転の遂行が困難になるという点で共通しており、必ずしも両者を区別できなくとも安全の向上に資することが可能と考えた。

また、眠気・居眠りや脇見等の検知を目的にドライバーの目の状態をカメラによる画像認識で判定する手段の実用化が進みつつある。これらの技術を援用することで検知手段の実現性に期待が持てることも閉眼を検知項目の一つとして採用する判断を後押しした。

応答確認アクチュエーションについては、意識の有無による操作可否の確認となることから、ドライバー異常の判断をより確実に行うことが期待できる。一方で安全運転の継続がそもそも困難となる閉眼状態を検知対象としており、応答確認アクチュエーションを行う間も車両が安全上好ましくない状態へより進展することも考えうることから、応答確認アクチュエーションを必須とすべきかを議論した。その結果、応答確認アクチュエーションの採用にあたっては、その時の状況や検知方法の特性等、様々な観点から判断する必要があるとの結論から、基本設計書では応答確認アクチュエーションの実施は任意とすることとした。

ドライバー異常の検知だけでなく、異常予兆を事前に検知でき速やかに対応すればより安全性が向上することが期待される。そこでドライバー異常予兆検知を付加する場合、異常予兆が確定した際は、あらかじめ設定した閉眼継続時間の閾値を短縮してもよいことを基本設計書に記載し、安全性をより高める技術開発を阻害しないものとなるようにした。

## (2) 疾患との関係

閉眼は、脳血管疾患、心・大動脈疾患、糖尿病、てんかんによる意識の喪失、意識の低下等との関係があることから、ドライバー異常の検知項目として採用した。

## (3) 指標及び閾値等

閉眼状態を継続し周りが見えていない状態は、安全運転の継続という観点においても適切とは考えられないことから、異常と判定する指標を「閉眼継続時間」とした。

定量的な判定基準となる閾値についても議論を行った。閉眼による異常判定について、何秒以上の閉眼がドライバー異常で、それ以下ならドライバー異常でない、という医学的に根拠のある閾値が必ずしもあるわけではなかった。しかしながら、一定時間以上の閉眼状態の継続は、正常な状態で運転を行っているとは考えにくい。そこで、

実用化が進められている閉眼警報で、採用もしくは採用を検討している技術開発情報をASV推進計画に参画するメーカーから収集し、NHTSAのDistractionのガイドライン等も参考として議論を重ねた。その結果、閾値は「閉眼の継続時間が2秒あるいはそれよりも長い時間」とし、閉眼の検出は発展途上の技術であることを踏まえ、閾値は基本的な値を示しつつ、幅を持たせた記載とした。

車速が高い場合には事故時の被害がより大きなものになり得ることから、閾値として定めた値よりもより早期にドライバー異常を確定させたい場合がある。あるいは定速走行・車間距離制御装置（ACC）や車線維持支援装置（レーンキープアシスト）といった運転支援システムが作動している場合には、運転支援システムが作動していない場合に比べて安全面の効果が期待されることから、ドライバー異常の確定をより確実に行うため別の閾値を採用したい場合もあり得る。加えて、カメラによる閉眼検知を行う場合には照明等の走行環境の影響を受け得ることから、確実な検知を行うため状況に応じて閾値を調整したい場合も考えられる。こうした意見を踏まえ、「車速や運転支援システムの作動状態、検知方法の特性等に応じて閾値を可変にしてもよい」とした。ちなみに技術開発情報を収集する際は秘匿性の高い情報であることから、集約は一部関係者のみで行い、結果のみ匿名で共有する等の配慮を行った。

### 2.3.1.3.3 DS-3：ハンドル無操作

#### （1）概要

ハンドル操作状態によりドライバー異常を検知する手法である。本検知項目は既存の自動車制御用センサーでの対応がしやすく、早期の普及が期待される。一方で、本検知項目は間接的な検知手法であり、ドライバーが力をほとんど入れずにハンドルを保持している状況等で誤検知の懸念があるため、ドライバーの意識や麻痺状態を確認する応答アクチュエーションの実施を必須とした。

なお、自動運転システム等の手放し運転を許容するシステムの作動中においては、正常なドライバーでもハンドル無操作が継続しうるため、本検知項目は適用外とした。また、本検知項目は、間接的な検知手法であるため、誤検知の抑制に配慮した規定とした。分類についてはドライバーの運転操作に伴う手足の動きの有無や変化を検知するものであるため、「ドライバー状態」とした。

#### （2）疾患との関係

脳血管疾患、心・大動脈疾患、糖尿病、てんかんによる意識の喪失、意識の低下または身体（手足等）の麻痺によって発生しうると想定した。ドライバー異常の実例を分析した結果においても、複数の事例にて、ハンドル無操作となることが確認されている。

#### （3）指標及び閾値等

ハンドルタッチ状態または入力トルク等をセンサーで検出した結果を用いてハン

ドル無操作状態を検知し、ハンドル無操作継続時間（ハンドル操作を行っていない状態が継続している時間）が、任意に設定された閾値に達した場合に、応答アクチュエーションを実施の上、ドライバー異常と検知することとした。なお、本検知項目は間接的な検知手法であるので、検知確度を上げるために、ハンドル操作の有無に加えてアクセル・ブレーキ等の操作の有無やその操作状態を組み合わせてもよいこととした。

また、道路環境や、車線維持支援装置等の運転支援システムの動作状況、自車の車速や周辺車両との相対関係等によって、ハンドル無操作による安全への影響度合いは変化するため、一律の閾値を定めないこととした。

なお、アクセルペダル、ブレーキペダル等の操作が検出された場合には閾値を調節して誤検知を抑制する等の判定方法も想定し、自由度を持たせた規定とした。

さらに、ドライバー異常予兆検知を付加する場合には、異常予兆が確定した際は、あらかじめ設定したハンドル無操作継続時間の閾値を短縮してもよいことを基本設計書に記載し、安全性をより高める技術開発を阻害しないものとなるようにした。

#### 2.3.1.3.4 DS-4：血行動態の低下

##### （1）概要

血行動態の急激な低下によりドライバー異常予兆を検知する方法である。技術的な検知手段としては、インパネ内に搭載した電波式のセンサー等で検知することを想定した。また、センサーの検知誤差等により正確な検知が難しいケースがあると考えられるため、他の異常予兆の検知方法（DS-5、VB-1）と同様に、異常予兆確定を判断するための応答確認アクチュエーションを必須とした。

##### （2）疾患との関係

心・大動脈疾患の1つである致死性の不整脈（心室頻脈）では、心室の細胞の異常信号の発生がトリガーとなり心拍数が急激に上昇するが、正常な拍動ではないため、心臓からの血液の拍出量が低下する。したがって、全身の血圧低下が生じて、それに伴い脈波の振幅が低下すると言われている。発症した直後は、意識が保たれることがあるが、徐々に脳への血液供給が減少し、意識低下・消失すると言われている。以上から、心拍数や脈波振幅等を検知することによりドライバー異常予兆を推測しうる可能性が考えられ、有識者のヒアリングからはそれを支持するコメントや研究中のデータを紹介いただき、妥当性を確認した。

##### （3）指標及び閾値等

指標に関しては、疾患との関係に基づき、心拍数や脈波の振幅とし、心拍数が上昇した状態、及び脈波の振幅が低下している状態の持続時間に基づき検知することを想定した。また、心拍数や脈波には個人差があるため、具体的な閾値は規定せず、個々のドライバーの正常時の数値を考慮して設定する等を想定して自由度をもたせた。

### 2.3.1.3.5 DS-5 : 眼球の偏り

#### (1) 概要

眼球の偏りの発生によりドライバー異常予兆を検知する方法である。技術的な検知手段としては、インパネ内に搭載した画像センサー等で検知することを想定した。また、脇見等のヒューマンエラーが発生している事象との区別が難しいケースがあると考えられるため、他の異常予兆の検知方法（DS-4、VB-1）と同様に、異常予兆確定を判断するための応答確認アクチュエーションを必須とした。

#### (2) 疾患との関係

てんかん発作の発生時は、大脳の神経細胞の異常興奮がトリガーとなり、左右いずれかの眼球運動を司る部分（大脳皮質～橋（脳幹））に異常興奮が伝達した結果、左右の眼球が同じ方向を向く「共同偏視」が発生するとされている。このことから、眼球運動を検知することによりドライバー異常予兆を推測しうる可能性が考えられ、有識者のヒアリングからはそれを支持するコメントや研究中のデータを紹介いただき、妥当性を確認した。

#### (3) 指標及び閾値等

指標に関しては、疾患との関係に基づき、視線の角度（左眼、右眼）とし（図 2-14）、両眼の視線の角度が前方から逸れて左右一側へ偏位する状態の持続時間に基づき検知することを想定した。また、単純な脇見行動と区別する必要があるため、具体的な閾値は規定せず、個々のドライバーの通常時の行動を考慮して設定する等を想定して自由度をもたせた。

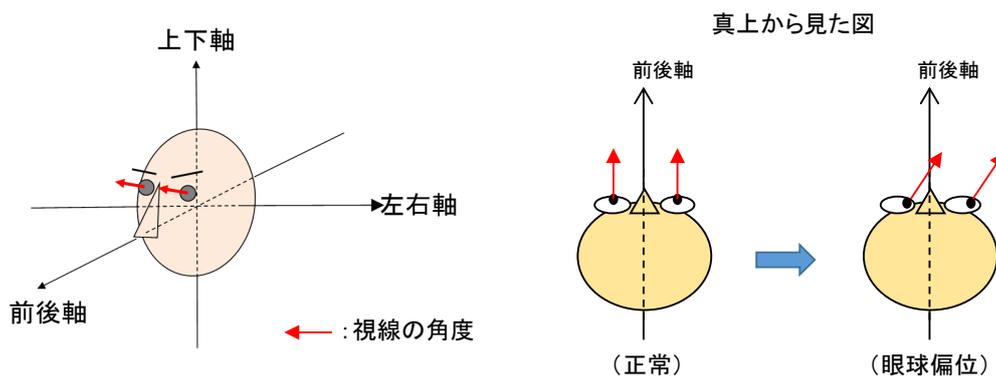


図 2-14 視線の角度

### 2.3.1.3.6 VB-1 : 車両のふらつき

#### (1) 概要

車両のふらつきの増加によりドライバー異常予兆を検知する方法である。技術的な

検知手段としては、走行道路の白線を検知するセンサーを用いる方法や、ステアリング機構に内蔵された舵角センサー等で検知することを想定した。また、眠気によるふらつき等、ヒューマンエラーが発生している事象との区別が難しいケースがあると考えられるため、他の異常予兆の検知方法（DS-4、DS-5）と同様に、異常予兆確定を判断するための応答確認アクションを必須とした。

## （2）疾患との関係

脳血管疾患における症状の1つである片麻痺は、左右のいずれかの脳の運動を司る部分の血管が詰まる（脳梗塞）ことで、左右いずれかの半身が動かしにくい症状（もう片側の半身は正常を保つ）が生じる。その結果、手足を正確にコントロールできなくなるためハンドル操作が乱れ、車両がふらつく可能性が考えられる。以上から、ハンドル操作や車両のふらつきを検知することによりドライバー異常予兆を推測しうる可能性が考えられ、有識者のヒアリングからはそれを支持するコメントや研究中のデータを紹介いただき、妥当性を確認した。

## （3）指標及び閾値

指標に関しては、疾患との関係に基づき、車両の車線に対する横位置の変化や操舵角の変化とし、車両の車線に対する横位置や操舵角がふらついている状態の持続時間に基づき検知することを想定した。また、車両や運転するドライバーによって、車両のふらつき特性は変化すると考えられるため、具体的な閾値は規定せず、通常時の走行特性を考慮して設定する等を想定して自由度をもたせた。

### 2.3.2 各姿勢崩れパターンにおける閾値の検討

#### 2.3.2.1 検討の目的と概要

平成30年3月に策定したドライバー異常自動検知システム基本設計書（以下、「基本設計書（平成30年3月）」という。）の別紙DS-1姿勢崩れにおける、各姿勢崩れパターンの閾値（参考値）（以下、2.3.2節では「参考値」という。）は、医療関係者等からのヒアリング、並びに自動車メーカー等の見識・知見、更に標準体型の骨格・筋肉モデルを用いたシミュレーション結果を持って論理的に定めた数値であった。

本検討では、ドライバーが正常な状態の「正常ドライバー映像」と、ドライバーが体調急変等を起こした状態を含む「異常ドライバー映像」を収集し、それらの映像の顔位置・角度等を数値化した数値データを解析することで、参考値を閾値として技術要件化することの妥当性を確認し、さらにより検出性の高い閾値への改善検討を行った上で、基本設計書に新閾値として反映することを目的とした。閾値の検討のイメージを図2-15に示す。

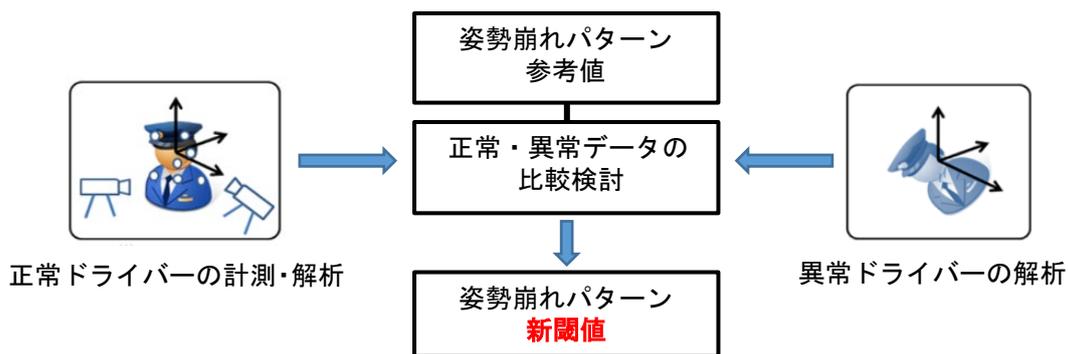


図 2-15 閾値の検討（イメージ）

閾値の設定に際しては、正常ドライバー並びに異常ドライバーの映像情報等を確認検討し、次の基本的な考えのもと導き出した。すなわち、異常ドライバーに対して「異常」と極力正しい判定をすることを基本として、正常ドライバーに対して「異常」と誤った判定しないことを考慮し、配慮事項等を付加することで、各姿勢崩れパターンの閾値を合理的に導いた。

正常ドライバーのデータ（以下、「正常データ」という。）としては、周囲の視認等の様々な運転行動を取得する目的でトラック（近距離便、長距離便）、バス（高速、路線）、乗用車（一般シート、バケットシート）の車両を選定した。性別及び年代は適度に分配した 31 人のドライバーに対し、各姿勢崩れパターンの元となる顔位置・顔向き（又は「顔の位置・角度」という）の姿勢が計測できる計測器を装備し、各 2 時間程度のデータを取得し数値化した。

一方、異常ドライバーのデータ（以下、「異常データ」という。）としては、意図して収集することが困難なため、国土交通省から、関係団体を通して実事例映像を保有する関係者に提供の御協力をいただき 41 人の事例を取得した。そのうち、健康起因と報告があった 33 人の事例の中から各姿勢崩れパターンの元となる顔の位置・顔向きの姿勢を解析するために顔が映っている映像等、解析により適している 18 人の事例を選定し数値化した。

これら双方の数値化したデータを解析し、新閾値を導き出すことができた。

なお、解析過程において、正常ドライバーの各姿勢崩の発生範囲や異常ドライバーの特徴的な挙動例等も情報として取得することができた。

### 2.3.2.2 用語の定義

検討を進める上で必要となる技術用語について、以下のとおり定義した。

#### (1) ドライバー異常

ドライバー自身があらかじめ予測するのが困難な体調急変。あらかじめ予測される体調不良あるいは異常は、ドライバー異常に含めない。

(2) ドライバー異常予兆

運転は継続できているが、ドライバー異常の発生が推測されるドライバーの変化。

(3) ドライバー異常時対応システム

ドライバー異常を検知し、ドライバーに代わって車両を停止させるシステム。

(4) ドライバー異常自動検知システム

センサー等を活用してドライバー異常の発生やその予兆を検知するシステム（以下、2.3.2 節では「本システム」と表記する）。

(5) 異常検知

あらかじめ予測するのが困難な体調急変を単独あるいは複数の検知項目の組み合わせで得られた事実を手がかりにして、ドライバー異常を推定すること。

(6) 異常確定

本システムが異常検知しドライバー異常時対応システムが作動開始報知を始めてから原則 3.2 秒以上経過しても作動の解除がなされない状況。これにより「異常あり」を確定する（同時に制御作動を確定する）。

**【解説】**

作動開始報知」とは、ドライバー異常時対応システムにおいて、「ドライバー、あるいは、(当該システムの) 作動スイッチを押下した同乗者に対し、当該システムの作動が開始されたことを知らせると共に、ドライバーに対し、(当該システムによる) 制御を不要とする場合には (当該システムの) 解除スイッチを押すよう喚起するための報知」と定義している。詳細は「ドライバー異常時対応システム (減速停止型) 基本設計書 (資料編の資料 4-1)」または「ドライバー異常時対応システム (路肩退避型) 基本設計書 (資料編の資料 4-2 及び資料 4-3)」を参照のこと。

(7) 異常予兆検知

単独あるいは複数の検知項目の組み合わせで得られた事実を手がかりにして、ドライバー異常予兆を推定すること。

(8) 異常予兆確定

本システムが異常予兆を検知し、異常発生が推測される状況が一定時間継続した状態。これにより「異常予兆あり」を確定する。

(9) ドライバー状態

姿勢、表情、手足の動き等の外的状態や、血行動態、脳神経反応等の内的状態。

(10) 運転行動

ハンドル、アクセル、ブレーキ等の操作や、視認等安全に運転するために必要な行動。

(11) 運転操作

ハンドル、アクセル、ブレーキ等の操作。

(12) 車両挙動

車両のふらつきや速度変動等の車両の動き。

(13) 検知項目

異常検知やその予兆検知に使用するドライバー状態、運転行動、車両挙動等の具体的な項目。

(14) 指標

検知項目の状態を記述する物理量。

(15) 閾値

ドライバー異常やその予兆が発生したことの判断基準となる具体的な値または定性的な要件。

(16) 応答確認アクチュエーション

本システムがドライバーに何らかの応答を求めること。

(17) 正検出

ドライバーの正常状態を「正常」として判定すること。

ドライバーの異常状態を「異常」として判定すること。

(18) 誤検出

ドライバーの異常状態を「正常」として判定すること。

ドライバーの正常状態を「異常」として判定すること。

なお、システム等の故障の要因は含まない。

(19) 走行中

5km/h 以上での車両走行時

(20) 低速域

5km/h 未満の低速走行時、または停車時

### 2.3.2.3 検討対象及び検討の流れ

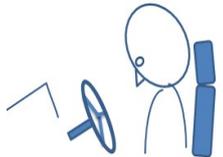
検討の対象は、別紙 DS-1 姿勢崩れにおける閾値（参考値）で、基本設計書（平成 30 年 3 月）に記載されており、検知項目ごとの具体的な検知方法は表 2-3 に示すとおりである。その姿勢崩れパターンは表 2-4 に示すとおりであり、ドライバーの意識喪失等による複数のパターンとその組み合わせも想定されるものである。

表 2-3 検知項目ごとの具体的な検知方法（再掲）

	整理番号	検知項目	異常検知	異常予兆検知
ドライバー状態 (Driver Status)	DS-1	姿勢崩れ	○	
	DS-2	閉眼	○	
	DS-3	ハンドル無操作	○	
	DS-4	血行動態の低下	△	○
	DS-5	眼球の偏り	△	○
運転行動 (Driving Behavior)				
車両挙動 (Vehicle Behavior)	VB-1	車両のふらつき	△	○

※○：可、△：異常予兆確定後の応答確認アクチュエーションにより可

表 2-4 姿勢崩れパターン一覧（再掲）

姿勢崩れパターン	イメージ図	説明
突っ伏し		ドライバーが前方に倒れ、ハンドル付近まで顔が来ている姿勢が継続している状態
うつむき		ドライバーの顔が下を向いている姿勢が継続している状態
仰け反り		ドライバーの上半身が後方に傾き、顔が上を向いている姿勢が継続している状態
えび反り		ドライバーの上半身が反り上がり、顔が上に向いている姿勢が継続している状態
首のみ横倒れ		ドライバーの頭が左または右に傾いている姿勢が継続している状態
横倒れ		ドライバーの上半身が左または右に傾き、顔も同方向に傾いている姿勢が継続している状態
横もたれ		ドライバーの上半身が左または右に傾いている姿勢が継続している状態

疾病・疾患との関係については、検討において得られた知見より、姿勢崩れパターンにより正検出することの有効性は認識された。ただし、姿勢崩れパターンと疾病・疾患との関係付けにおいて単純に当てはめることは非常に難しいことがわかった。なお、基本設計書に表記していた各姿勢崩れパターンと疾病・疾患との関係の要因等は参考情報として、改訂した基本設計書（資料編の資料4-4）の付表1）に再掲載した。

また、顔位置、顔向き of 軸の定義を図 2-13 に示す。

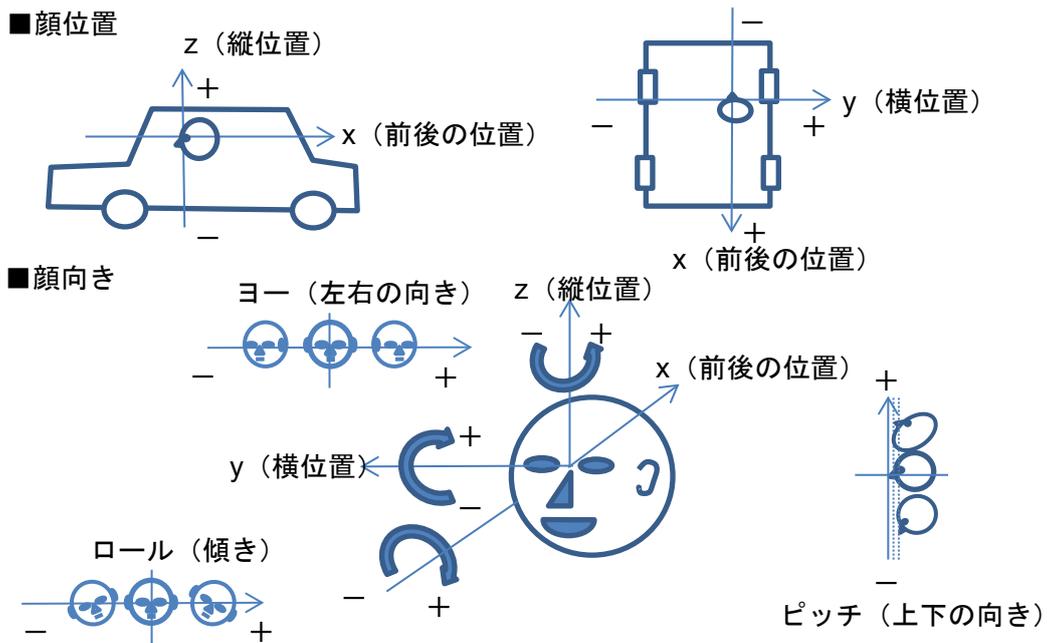


図 2-13 顔位置、顔向きの軸の定義 (再掲)

平成 30 年 3 月に策定した基本設計書による、改訂前の各姿勢崩れパターンの参考値を表 2-7 に示す。

表 2-7 各姿勢崩れパターンの閾値 (参考値)

姿勢崩れパターン	閾値イメージ	閾値 (参考値)						継続時間
		x (前後)	y (横)	z (縦)	ヨー	ピッチ	ロール	
突っ伏し		-200 mm 以下	-	-180 mm 以下	-	-30° 以下	-	2 秒以上の値を適切に設定
うつむき		-	-	-	-	-20° 以下	-	
仰け反り		+100 mm 以上	-	-	-	+20° 以上	-	
えび反り		-	-	-	-	+25° 以上	-	
首のみ横倒れ		-	-	-	-	-	-30° 以下	2 秒以上の値を適切に設定 (※)
		-	-	-	-	-	+30° 以上	
横倒れ		-	+200 mm 以上	-	-	-	-15° 以下	
		-	-200 mm 以下	-	-	-	+15° 以上	
横もたれ		-	+300 mm 以上	-	-	-	-	
		-	-300 mm 以下	-	-	-	-	

— : 値を規定せず (任意の値をとり得る)  
 ※ : 通常運転時の類似行動と区別するために特に配慮が必要

次に、検討対象の別紙 DS-1 姿勢崩れにおける閾値（参考値）から、正常データと異常データの比較検討を経て、新閾値を導き出すまでのフローを図 2-16 示す。

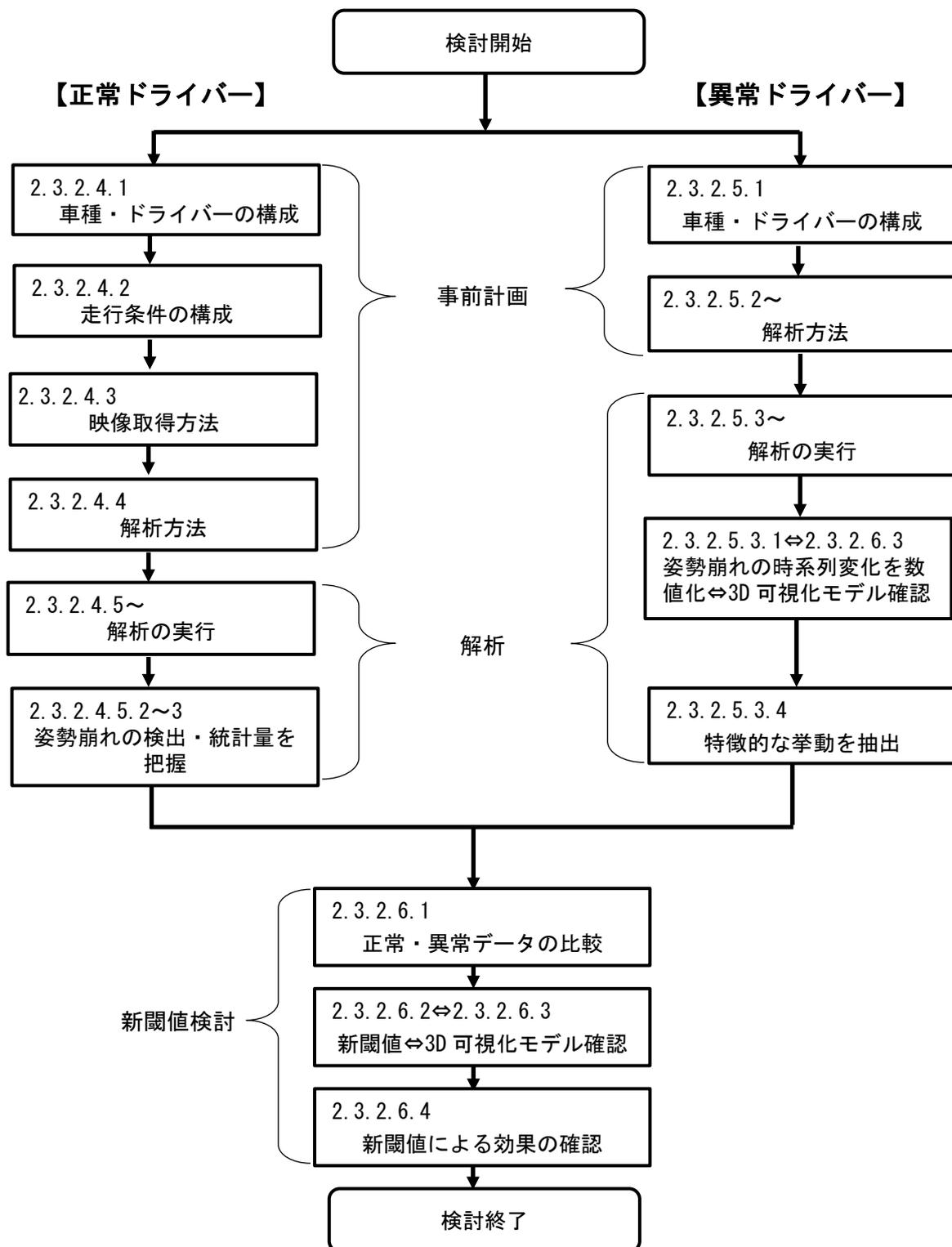


図 2-16 ドライバー映像の解析処理フロー

#### 2.3.2.4 正常ドライバーの検討

正常ドライバーの運転行動計測で得た、顔の位置・角度のデータについて解析を行い、正常な運転姿勢の範囲や継続時間を数値的に明らかにした。

正常ドライバーで走行中に2秒以上継続し参考値に抵触する姿勢崩れの有無、また、低速時及び停車時の姿勢崩れがどのような状況かを調べた。

##### 2.3.2.4.1 車種・ドライバーの構成

車種の構成としては、大型車と乗用車では、ハンドル径の大きさが異なるので、ハンドルを操作する際、上半身の動きが異なり、特に路線バスでは乗客等の視認で上半身の動きが多く大きくなると考えた。このような予測を基に、正常ドライバーの運転行動を幅広く取得するために、なるべく広く均等にすべく構成した。

- (1) 車種は、大型バス・トラックと乗用車に分け、さらに乗用車については一般シートと上半身が保持されやすいバケットタイプのシートの乗用車とした。
- (2) 大型バスについては路線バスと高速バスとし、大型トラックについては近距離と長距離の路線として、偏らないよう配慮した。

ドライバーの構成としては、プロドライバーとして、大型車はバス・トラック事業者から絶大なる御協力をいただき、一般ドライバーとして、乗用車は委託先から御協力をいただいた。こちらも正常ドライバーの運転行動を幅広く取得するために、なるべく広く均等にすべく構成した。

- (1) 運転経験については、大型バス・トラック事業者によるプロドライバーと乗用車による一般ドライバーで構成することで、偏らないように配慮した。
- (2) ドライバー人数は、過去のWG等による実績等から目標30人とし31人の実績である。
- (3) 年代は20～60才代とした。
- (4) 男女比はバス・トラック事業者の女性比率そのものが低い中、女性が約1/3を占める構成とすることができた。

車種の構成・ドライバー数について図2-17に示す。

※ドライバーの構成については、資料編の資料4-8を参照のこと。



路線バス 6人



近距離便トラック 3人



乗用車(一般シート) 6人



高速バス 5人



長距離便トラック 3人



乗用車  
(バケットタイプシート) 8人

図 2-17 各車種の構成

#### 2.3.2.4.2 走行条件の構成

1 映像 2 時間前後の走行を目安とし、普段の運転及び行動をしてもらうようにした。ドライバーの運転及び行動を広くデータ取得するために、路線バス・近距離トラックは首都圏の市街地を含む一般道路を走行し、高速バス・長距離トラック・乗用車については首都圏から郊外に向かう高速道路を含む走行を構成とした。また、環境的には高速バス・長距離トラックについては夜間も走行し、さらにはデータ取得期間中に運転の妨げになるような悪天候等はなかった。

#### 2.3.2.4.3 映像取得方法

車内外を撮影するシステムの概略図を図 2-18 に示す。車のドライバーに向けたカメラ (Intel RealSense 435i)、及び車外の映像を撮影するためのカメラの 2 つ (図 2-19、図 2-20) を車内に設置し、リアルタイムに双方の映像を保存するソフトウェアによってフレームレート 15fps で車内外の映像データを同時に取得した。

カメラはドライバーの運転の邪魔にならないようになるべく目立たない位置に設置した。また、計測の煩わしさを避けるため、簡単に撮影の開始、終了を操作できるボタンを設置し、普段と変わらず運転に集中できるように配慮した。

取得した映像内においては、乗客等の複数の人の顔を認識する可能性があるが、対象となるドライバーの顔のみを検出したいため、撮影機器を調整・設定することにより、ドライバーの顔の特徴点 (左右の目じり、眉間 (両目の間)、小鼻の両端、唇の両端) が検出されやすいよう工夫した。



図 2-18 システム構成図



図 2-19 車内撮影用カメラ設置の様子



図 2-20 車外撮影用カメラ設置の様子

#### 2.3.2.4.4 解析方法

正常ドライバーの運転姿勢の解析は、別途開発したソフトウェアによる顔の特徴点抽出によって顔の位置・角度を数値化することによって行った。また、顔の特徴点抽出ではドライバーのみを継続して追跡しやすいようアルゴリズムを工夫した。

取得した映像の全フレームにおいて、顔の特徴点のうち眉間の3次元位置を取得した。この眉間の3次元位置はカメラの光学原点を中心とする座標系であるため、眉間を原点とする顔座標系へと変換する回転量と平行移動量を算出する。一方で、正常ドライバーの基準の運転姿勢を、安定運転となった後30秒間を平均した姿勢として定め、顔座標系における30秒間の平均の眉間位置を基準の顔の位置・角度として定めた。測定するフレームにおけるドライバーの顔位置・角度はこの基準姿勢時からの顔位置・角度の変位として算出される。

これらの作業により、正常ドライバーの運転行動映像の「顔の位置・角度」がx前後、y横、z縦、ロール、ピッチ、ヨーとして数値化される。また、この際、明らかにドライバーではない乗客の顔を認識してしまう、服のしわ等に人間の顔との類似の点を発見し、人の顔として認識してしまう等の要因によってドライバーとは全く異なる位置に顔を検出してしまう場合があるため、座席までの距離(1.5m以内)や前フレームとの位置の差分(数100mm以内)を利用する等して誤検出のデータを除去した。

この正常ドライバーの顔位置・角度を数値化した時系列のデータを用いて、姿勢崩れを評価した。時系列データから姿勢崩れの指標となる値のヒストグラムやそれらの

組合せから成る散布図を作成した。ヒストグラム及び散布図の1点は、映像1フレーム(15fps)の顔の位置・角度を表し、これらの値が2秒以上継続して参考値に抵触している場合に姿勢崩れが検出されたとして参考値の評価を行った。

なお、速度域による運転行動の差を見極めるために、走行中(以下、「走行中」は5km/h以上を示す。)と低速域を含む走行中(以下、「低速域を含む走行中」は5km/h未満の低速走行時又は停車時を含む走行中を示す)に分けて分析した。

#### 2.3.2.4.5 解析結果

##### 2.3.2.4.5.1 グラフ化

解析方法を検討し数値化した正常データを、例として路線バスの正常ドライバーについて、走行中の姿勢崩れパターンに相当する頻度と継続時間を視覚化したグラフ3例を紹介する。1例目は、前方向の突っ伏しで2軸3閾値による散布図で図2-21に示す。2例目は前方向のうつむきで1軸1閾値によるヒストグラムで図2-22、図2-23に示す。3例目は、横方向の横倒れで2軸2閾値による散布グラフで解析した例を図2-24、図2-25に示す。

参考値に抵触する映像のうち2秒以上継続して検出となる映像は、散布図、ヒストグラム共に黒で表した。姿勢崩れのヒストグラムの縦軸は1フレーム1映像としてデータの映像数を表しており、車種ごとに各ドライバーの映像数を合算している。また、赤の範囲は姿勢崩れの参考値に抵触する範囲を示している。抽出したシーンにおける姿勢の継続時間は、(参考値に抵触するフレーム数) / (15fps) の時間(単位秒)、継続しているとした。

正常データについては、以降で示した路線バスを含め、表2-8に示すとおり高速バスやその他トラック、乗用車も、全て走行中2秒以上継続した各姿勢崩れパターンは検出しなかった。

(1) 突っ伏し (路線バス)

【走行中】

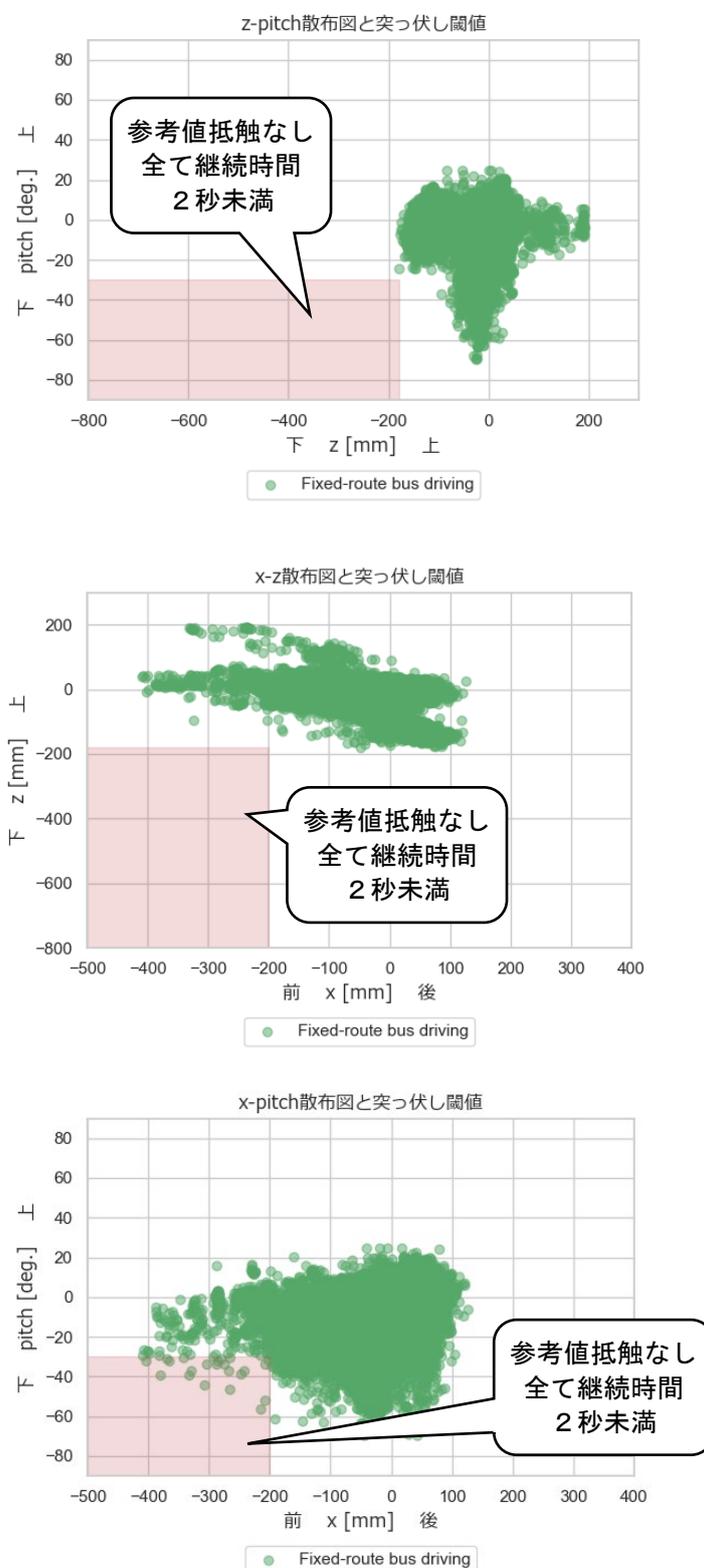


図 2-21 路線バスの突っ伏し (z-ピッチ (上)、x-z (中)、x-ピッチ (下)) の散布図 (緑: 路線バス、黒: 参考値抵触 2 秒以上継続、赤範囲: 参考値抵触の範囲)

(2) うつむき (路線バス)

【走行中】

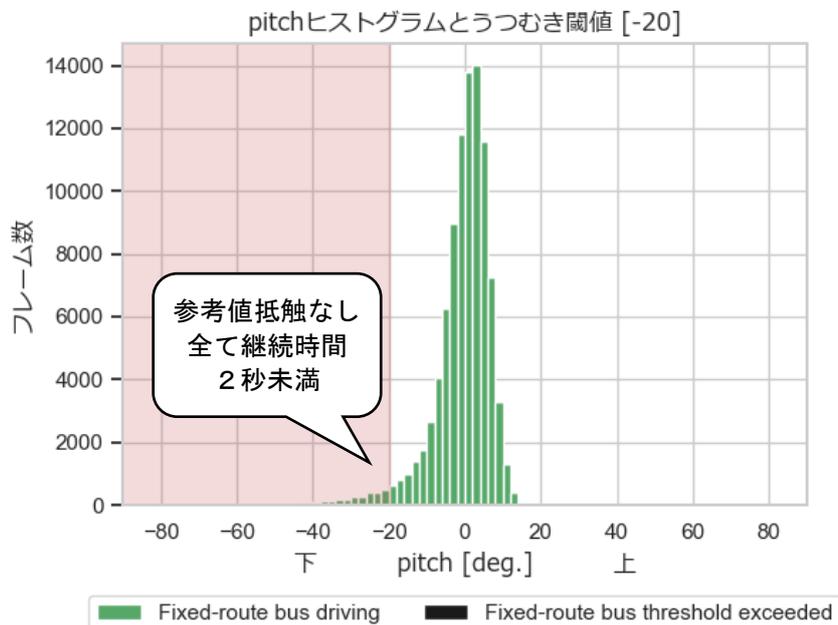


図 2-22 路線バスのうつむきのヒストグラム (走行中)

(緑：路線バス、黒：参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

【低速域を含む走行中】

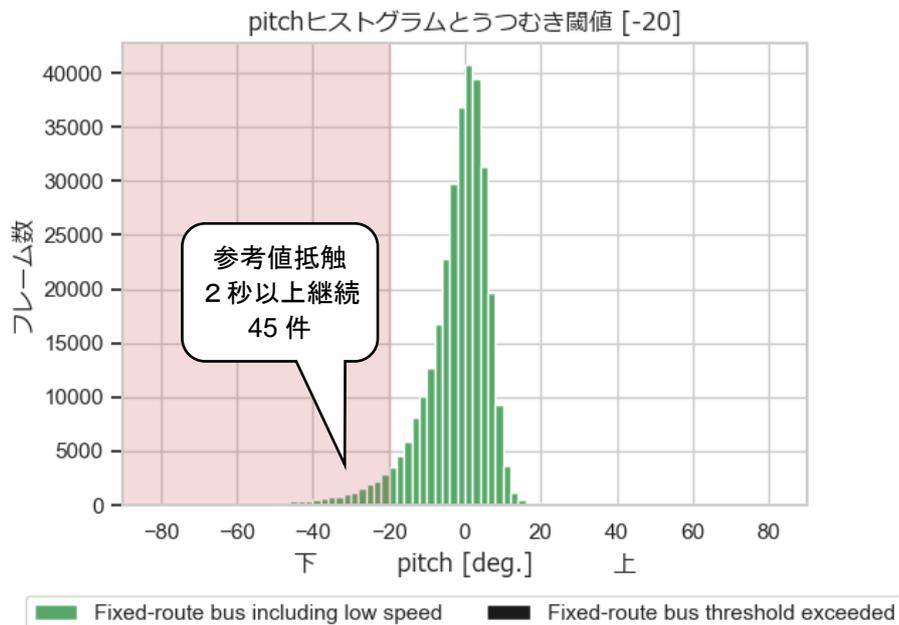


図 2-23 路線バスのうつむきのヒストグラム (低速域を含む走行中)

(緑：路線バス、黒：参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

(3) 横倒れ (路線バス)

【走行中】

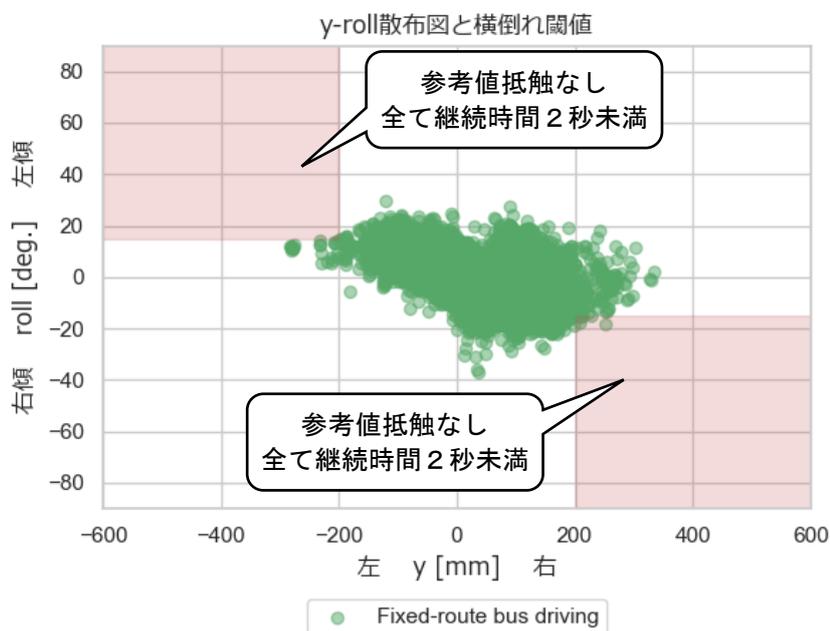


図 2-24 路線バスの横倒れの散布図 (走行中)

(緑：路線バス、黒：参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

【低速域を含む走行中】

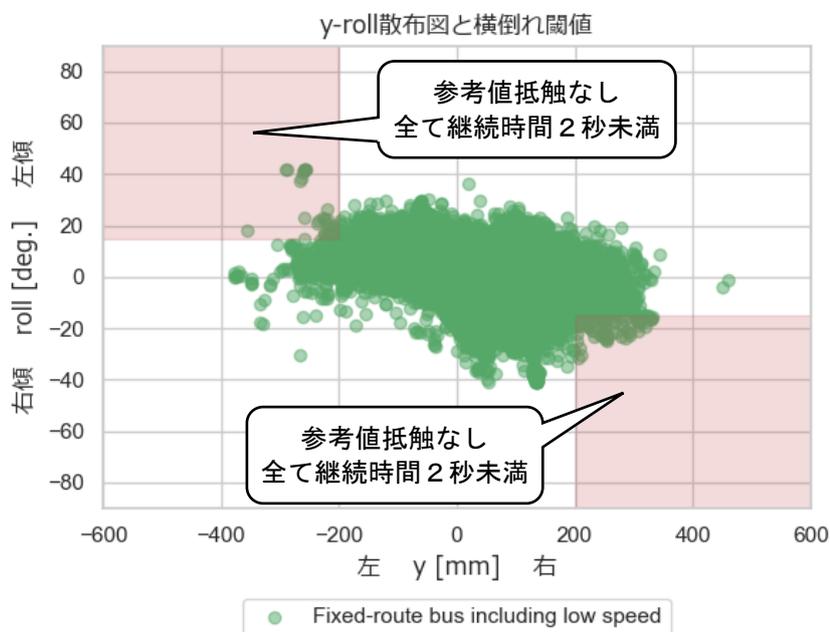


図 2-25 路線バスの横倒れの散布図 (低速域を含む走行中)

(緑：路線バス、黒：参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

※他の散布図及びヒストグラムについては、資料編の資料4-8を参照のこと。

### 2.3.2.4.5.2 姿勢崩れの検出件数及び異常類似運転行動例

#### (1) 姿勢崩れの検出件数

各車種における各姿勢崩れパターンの検出件数について、走行中は表 2-8 に、低速域を含む走行中には表 2-9 に、それぞれ示す。

低速域を含む走行中（5km/h 未満の低速走行時または停車時を含む走行中）の範囲では、降車する乗客への対応や、停止間際を含むセンターモニターの機器等により発生するうつむきが 194 件と著しく多かった。例えば、路線バスにおいて停車時に乗客対応している際に発生したうつむき、高速バスにおいて信号停止時に足元を見ている際に発生したうつむきの姿勢（図 2-26）である。

また、その他の車種についても、路線バスと同様の理由（降車する乗客への対応を除く）でうつむきの検出が多数確認された。そして、高速バスにおいては停車中に休憩姿勢でハンドルにもたれ掛かる突っ伏しや、路線バスにおいては首の疲れをとろうとした首のみ横倒れが 1 件ずつ確認された。

表 2-8 正常データにおける参考値 2 秒以上継続の検出件数（走行中）

車種	突っ伏し	うつむき	仰け反り	えび反り	首のみ 横倒れ右	首のみ 横倒れ左	横倒れ右	横倒れ左	横もたれ右	横もたれ左
高速バス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
路線バス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
トラック	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
乗用車	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 2-9 正常データにおける参考値 2 秒以上継続の検出件数（低速域を含む走行中）

車種	突っ伏し	うつむき	仰け反り	えび反り	首のみ 横倒れ右	首のみ 横倒れ左	横倒れ右	横倒れ左	横もたれ右	横もたれ左
高速バス	1	26	0	0	0	0	0	0	0	0
路線バス	0	45	0	0	1	0	0	0	0	0
トラック	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0
乗用車	0	84	0	0	0	0	0	0	0	0
計	1	194	0	0	1	0	0	0	0	0

#### (2) 異常類似運転行動例

正常データについて、全ての姿勢崩れパターンで走行中に 2 秒以上継続した事例は発生していなかったが、低速域（停車時を含む）含む走行中では 2 秒以上継続した姿勢崩れがあった。参考として、表 2-9 に示す正常データにおける低速域を含む走行中の 2 秒以上継続の姿勢崩れの例を図 2-26 に、走行中の継続時間は 2 秒未満の姿勢崩れの例を図 2-27 にそれぞれ示す（異常類似運転行動例）。なお、ここで掲載した事例は、3次元可視化モデル<sup>\*</sup>で作成した画像例から選択した。

<sup>\*</sup>3次元可視化モデルの目的は 2.3.2.6.3 節のとおりであるが、正常データにおいては姿勢崩れパターンごとの異常類似行動について 1 例ずつ作成した。



図 2-26 信号停止時に足元を見ている際に発生したうつむきの姿勢（高速バス、2秒以上継続、突っ伏しとしても検出されている）



図 2-27 走行中にセンターコンソール付近を確認して発生したうつむきの姿勢（トラック、継続時間1秒未満）

※他の例については、資料編の資料4－8を参照のこと。

### 2.3.2.4.5.3 継続時間を考慮しない統計量

正常データにおける姿勢崩れ方向（各軸 x 前後、y 横、z 縦、ヨー、ピッチ、ロール）の発生範囲は、統計量が理解しやすいように継続時間を考慮せず、標準偏差値を参考として算出したものを、走行中は表 2-10 に、低速域を含む走行中は表 2-11 にそれぞれ示す。

姿勢崩れの参考値においては、うつむきが、継続時間を考慮しない条件では (pitch)  $3\sigma \cdot 0.3$  パーセンタイル値に抵触はしていた。

（表の説明）

- ・ 正常ドライバーの全数値データ（正常データ）における顔の位置・顔角度の標準偏差  $\sigma$ 、 $2\sigma$ 、 $3\sigma$  及び 0.3 パーセンタイル値、99.7 パーセンタイル値を示す。
- ・ 標準偏差、 $3\sigma$ 、0.3 パーセンタイル値について、橙のハッチで参考値に抵触する部分を示した。
- ・ 0.3 パーセンタイル値、99.7 パーセンタイル値は全映像の値を小さい順に並べて映像数を累積したときに全映像数の 0.3% となる値及び 99.7% となる値である。

- ・数値はいずれも各軸単独での正常ドライバーの全ドライバー合算をもとに算出したものであり、継続時間は考慮していない。

(1) 走行中

表 2-10 正常データの全車種の統計量（走行中）

	x	y	z	roll	pitch	yaw
平均	-1.49105	-3.91064	-8.00284	0.104588	-0.34506	-0.17814
標準偏差 $\sigma$	29.21031	24.59766	18.92257	4.241372	7.358929	13.63134
$2\sigma$	58.42062	49.19532	37.84515	8.482743	14.71786	27.26267
$3\sigma$	87.63092	73.79297	56.76772	12.72411	22.07679	40.89401
0.3パーセンタイル	-160.92	-114.57	-116.645	-14.6255	-34.6745	-72.939
99.7パーセンタイル	115.1009	112.5896	86.89925	15.39731	20.2671	52.94491

(2) 低速域を含む走行中

表 2-11 正常データの全車種の統計量（低速域を含む走行中）

	x	y	z	roll	pitch	yaw
平均	-4.73925	-2.19461	-6.28919	0.140824	-1.32108	0.796037
標準偏差 $\sigma$	44.12942	35.39	29.94926	4.956685	8.633892	13.79515
$2\sigma$	88.25883	70.78001	59.89852	9.913371	17.26778	27.59029
$3\sigma$	132.3882	106.17	89.84778	14.87006	25.90168	41.38544
0.3パーセンタイル	-258.275	-140.293	-134.659	-17.5148	-44.7486	-72.1563
99.7パーセンタイル	138.9166	192.4522	168.5034	18.69357	20.44032	51.94694

※各車種の統計量については、資料編の資料4-8を参照のこと。

### 2.3.2.4.6 正常データ解析結果まとめ

- (1) 表行中2秒以上継続して、参考値(x前後、y横、z縦、ヨー、ピッチ、ロール)に抵触する姿勢崩れは検出されなかった。
- (2) 走行中において、2秒未満で、参考値に抵触する姿勢崩れは、うつむき、首のみ横倒れ等で検出された例があった。
- (3) 低速域を含む走行中の場合には、2秒以上継続して、参考値に抵触する姿勢崩れは、突っ伏しが1件、うつむきが194件、首のみ横倒れが1件検出された。
- (4) 各姿勢崩れの参考値でうつむきが唯一(pitch)  $3\sigma \cdot 0.3$ パーセンタイル値に抵触したが、標準偏差 $\sigma$ の計算には継続時間は考慮しておらず、継続時間2秒以上を考慮すると、参考値において走行中の検出はなかった。

### 2.3.2.5 異常ドライバーの検討

正常ドライバーに対して異常と誤った判定をしないこと、及び異常ドライバーに対

して異常と正しい判定をすることを論理的に個別に精査分析した結果に基づいて、正常ドライバーを異常と判定しない閾値で、かつドライバー異常の正検出率が高くなるような閾値である相反する2つの事象を、配慮事項等を付加し満たす必要がある。

そのため、異常ドライバーの実事例映像の顔の位置・角度について解析を行い、異常な運転姿勢の範囲や継続時間を数値的に明らかにした。

この数値化した CSV データ（異常データ）が数字の羅列であることから、実事例映像と時系列データを対比しながら検討し、更に図 2-28～図 2-35 及び図 2-43～図 2-46 に示すような3次元可視化モデルを作成し、異常データの解析を行った。

また、実事例映像から、更に上半身を主に肩や腕、手の挙動、開閉眼も解析し、補完情報として異常が発生したドライバーの特徴的な挙動についても抽出した。

#### 2.3.2.5.1 車種・ドライバーの構成

図 2-16 に示す事前計画では、大型車と乗用車では背もたれの角度等、着座姿勢が異なるので、異常が発生した際のドライバー挙動が異なると考えた。よって検討の際は、異常ドライバーの運転行動を幅広く取得するために、車種等は可能な限り均等にすべく構成を検討した。

表 2-12 に示す取得選定した実事例映像一覧では、大型車としては高速バス・路線バス・トラックを対象とし、乗用車としてはタクシーを対象とした。なるべく車種を均等になるよう工夫した結果である。

実事例映像は意図して収集することが困難な中、国土交通省から関係団体を通して実事例映像を保有する関係者に提供の御協力をいただき、41 人の実事例映像を取得できた。そのうち健康起因と報告があり、ドライバー異常が確認された 33 人の実事例映像を収集できた。

そして、ASVメンバーにより、実事例映像を1事例ずつ確認し映像ランク付けをして解析対象データを18人の事例に選定した。例えば、顔の位置・角度を解析することから、顔がほとんど隠れた映像は、姿勢崩れパターンの参考値の抵触の有無が確認できないため解析対象とはしなかったが、異常が発生したドライバーの特徴的な挙動例を調査するために用いた。

今回の選定した18人の事例は、いずれも健康起因によって意識喪失等の異常をきたしたものである。正常データの車種区分は高速バス・路線バス・トラック・乗用車であるが、以降、正常データと異常データの比較の際には乗用車とタクシー、路線バス・トラックと路線バスを比較している。また、解析対象の異常データには高速バスのドライバーを含んでいないため、高速バスについては双方の比較はしていない。

表 2-12 今回解析した異常が発生したドライバーの実事例映像概要一覧

識別番号	車種	年代	運転者の病状等	道路の種類	事故の状況
01-H-TA	タクシー	60代	胸部の動脈に関する疾患と推測※（死亡）	一般道路	走行中に意識を失い、運転不能、蛇行運転、ガードレールに接触、建物の門柱に衝突停止。
02-H-TA	タクシー	60代	腹部大動脈瘤破裂の疑い（死亡）	一般道路	意識朦朧としたまま1分ほど停止していたが、しだいにブレーキが緩み低速で前方約10m先の車両に追突停車。
04-H-TR	トラック	40代	心筋梗塞（死亡）	高速道路	高速道路走行中、運転者が心筋梗塞と思われる症状で意識を喪失し、中央分離帯に衝突。
06-H-TA	タクシー	50代	何かの疾病が原因の意識障害による痙攣・硬直（てんかんの疑い）	一般道路	信号待ち停止中に普通に乗客と会話していたが、急に喋らなくなりろれつが回らなくなり身体が硬直し始める。運転者はNレンジのまま硬直した足でアクセルを踏み続ける。
09-H-BU	バス	30代	胸部大動脈瘤破裂（死亡）	一般道路	運行中、バス停を過ぎた辺りで突然意識を失い、ガードレール、標識等に衝突し停車。
14-H-BU	バス	40代	胃の腫瘍より出血	一般道路	運転者の疾病（胃の腫瘍から突発的に出血）により意識状態が悪化し運転操作が不能になり対向車線にはみ出し対向車線の車両と衝突し停車。
18-H-BU	バス	40代	不明（意識喪失）	一般道路	バス停に停車しようとしたところ、運転者は意識を失い歩道を乗り上げ停車。
21-H-TA	タクシー	60代	脳梗塞	一般道路	住宅地から国道に左折したところでガードレールに接触したが、停車せず走行継続。すぐに乗客が異変に気づき停車するように指示して停車させる。停車後運転者は意識朦朧となった。
23-H-TA	タクシー	60代	脳内出血	一般道路	回送中に右折レーンの交差点中央付近で右折矢印信号待ちの際に、停車中突然意識（脳内出血）を失い停車したまま運行を中断したものの。
25-H-TA	タクシー	50代	心室細動	一般道路	赤信号で停止後、青信号で発進の際に意識を失い、低速で右前方に動き出して対向車線を横切り、約10km/hで街路樹に衝突停車。
28-H-TA	タクシー	60代	脱水症状の疑い	一般道路	駅タクシー乗り場で乗客の順番待ち中に一時的に気を失った際にブレーキペダルから足を離したことにより、車両が動き出し乗り場の花壇を乗り越え、タクシー乗り場の歩道柵を倒し、建物壁で停車。
30-H-TA	タクシー	60代	てんかん（後日判明）	一般道路	駅タクシー乗り場で客待ち中に気分が悪くなり、会社に戻ろうとして駅ロータリーの赤信号で停止した直後に意識が朦朧し、その際に車両が低速で発進、赤信号の交差点を低速で進み、向いの店舗に衝突停車。
34-H-BU	バス	30代	腹部けいれんとの訴え（翌日の診断では過換気症候群）	一般道路	運転者が運転不能状態になるAバス停の4つ手前のバス停を通過したあたりから嘔吐を我慢する状態で気分が悪くなり、Aバス停の手前付近で両腕が固まった状態になったため、バスを停車させたもの。
36-H-TA	タクシー	50代	大動脈解離（死亡）	一般道路	運転者が交差点で停止線から2台目の位置で信号待ち停止中、意識を失いブレーキペダルから足が緩み、低速で前方停止中の車両に追突停車。

識別番号	車種	年代	運転者の病状等	道路の種類	事故の状況
37-H-TA	タクシー	60代	動脈剥離による心筋梗塞（死亡）	一般道路	渋滞停止中に意識を喪失した直後にブレーキペダルから足を離したことにより車両が低速で動き出し、前方乗用車に追突。そのまま停止せず対向車線を低速で走行後、前方のコンビニ駐車場に入り込んだところで近くにいた人の手で車両が止められたもの。
38-H-TA	タクシー	60代	不明（死亡）	一般道路	迎車が遅れており電話でのクレームに対応しながら迎車に向かう。信号待ちで停止、青信号に変わったので緩やかに発進後意識が失い、前方の歩道柵に衝突停車。
39-H-TA	タクシー	70代	大動脈瘤解離（死亡）	一般道路	片側3車線の道路を走行中、気分が悪くなり減速して道路端に停車しようとするが、駐車中の軽トラックに低速で追突し、その後意識が朦朧となり、急発進して前方に駐車中の2tトラックに追突停車。
41-H-BU	バス	50代	手足のしびれ、めまいによる体調不良	一般道路	バス停を発車後、左手にしびれ等の違和感とめまいを感じ、危険と思い停車。その後意識が朦朧となり運転席背もたれにうなだれるように倒れ、車内の乗客が異変に気が付き救急搬送されたもの。

※関係者からの聞き取りと映像調査による結果。

### 2.3.2.5.2 解析方法

御提供いただいた実事例映像は車内映像だけでなく、車外映像や車速等の情報が同じ映像内に含まれているものもあったため、画像加工により車内映像部分のみ切り出しを行った。解析を行うための数値化（異常データ）の対象は実事例映像のすべてではなく、通常姿勢及びドライバー異常が確認できた範囲の数分を対象とした。そして、映像のフレームレートも様々であったため、5fps程度でフレームを抽出し、解析を行った。

また、上記により切り出した車内映像はカメラのパラメータが未知であり、視野角の広いレンズを利用しており、映像の歪みが無視できない程度のもが多かったため、映像データごとにカメラのパラメータを探索的に求めた。焦点距離については、カメラとドライバーや車内にある物体との距離がもっともらしい値となるよう調整した。歪については、直線状の物体が映ったフレームを抽出し、歪んだ物体が直線に近くなるように画像を見ながら、歪補正を行い、アノテーション用のフレーム画像とした。

さらに、車内映像は、ぶれぼけによる不鮮明、映像が暗い、解像度が低い等、顔の特徴点を自動で抽出することが困難であったため、手作業で顔上の特徴点にアノテーションを行った。そして、カメラの光学中心を原点とする座標系から両目の間を原点とする顔座標系への回転と平行移動を計算し、車内映像の姿勢崩れ前のフレームにおける顔座標系を基準座標系として定め、基準座標系からの変位を解析しやすくするために基準座標系への変換等を施し、位置・姿勢がもっともらしくなるように調整を行った。

なお、手作業アノテーションを実施し数値化したが、映像の運転行動と一致していることが確認できた。

### 2.3.2.5.3 解析結果

#### 2.3.2.5.3.1 数値化の妥当性確認

18人の実事例映像の解析範囲について数値化した CSV データは数字の羅列であることから、実事例映像と 6 軸（顔位置（x 前後、y 横、z 縦）及び顔角度（ロール、ピッチ、ヨー））の時系列データを対比しながら検討した。更に 3 次元可視化モデルを作成し、異常データ（CSV）を手動補正しながらデータ決定した。

#### 2.3.2.5.3.2 グラフ化

（1）顔の位置・角度及びその継続時間の時系列変化のグラフ

収集選定した実事例映像 18 人の事例中、解析により姿勢崩れパターンの種類が多く検出された代表的な事例として、タクシー事例（01-H-TA のデータ）を紹介する。なお、個人情報の観点から 3 次元可視化モデルの画像例を掲載したが、解析範囲の実事例映像と顔の位置・角度を数値化したグラフを比較して確認している。

基本設計書（平成 30 年 3 月）の指標である、顔の位置（x 前後、y 横、z 縦）、顔角度（ロール、ピッチ、ヨー）、及びその継続時間の時系列変化を数値化したものを図 2-28～図 2-35 に示す。また、各図の説明は以下のとおりである。

- ① 図中右側に解析範囲の時系列グラフを示している。上から、x 前後、y 横、z 縦、ロール、ピッチ、ヨーのグラフである。
- ② グラフの横軸は、映像における解析範囲の時刻を示し、解析開始を 0 秒としている。また、これ以降に記載の継続時間、正検出時刻及び衝突時刻は、これに一致する。
- ③ グラフ中の赤色の水平実線及びグラフ下にある数値は、各軸に設定された姿勢崩れパターンの閾値（参考値）を表す。
- ④ グラフ中の黄色の垂直破線は、実事例映像内で車両がガードレール等に衝突した時刻を表す。
- ⑤ 図中左側に示すのは 3 次元可視化モデルを表す。各姿勢崩れパターンについて、最初の図では基準フレーム時の姿勢における顔の位置を表す。
- ⑥ 顔角度の閾値（参考値）に抵触したシーンを抽出している。
- ⑦ 3 次元可視化モデル下に示す値は、グラフ中の青色の垂直線部で当該時刻の位置・角度を表す。
- ⑧ 基準フレームの姿勢は、図 2-13 に示す顔位置、顔向きの軸の定義による各軸がゼロの値を示す。

【基準フレーム時の姿勢】

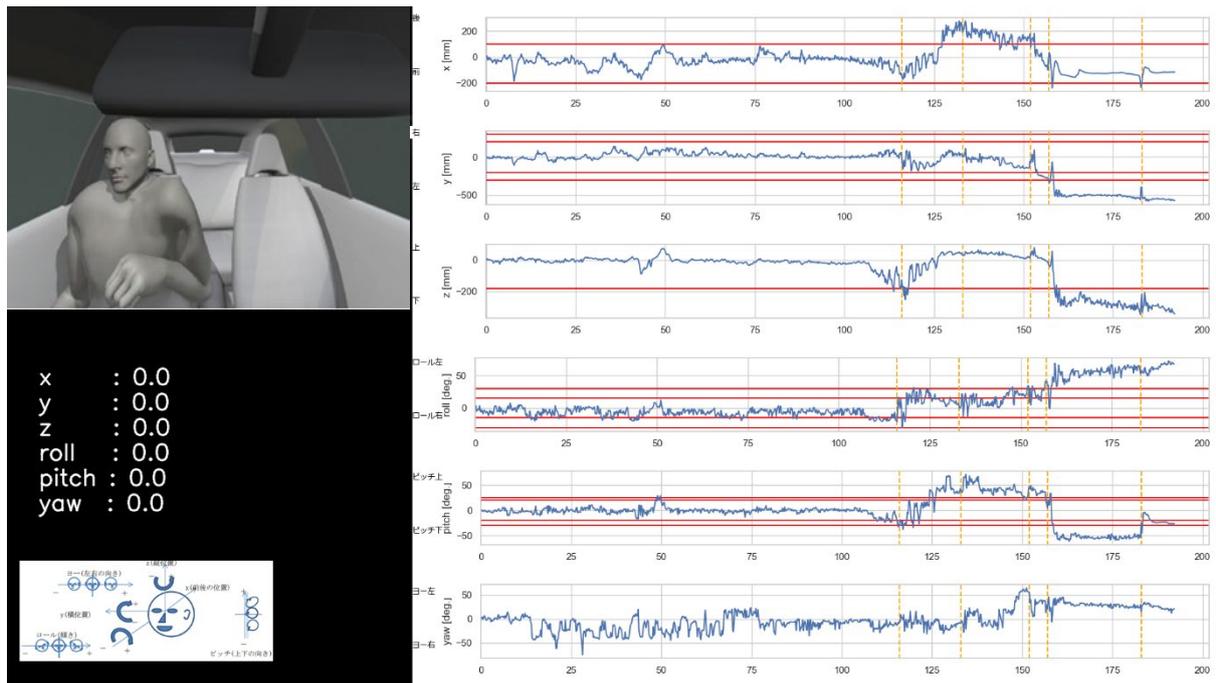


図 2-28 01-H-TA 基準フレーム時の姿勢

【突っ伏し】

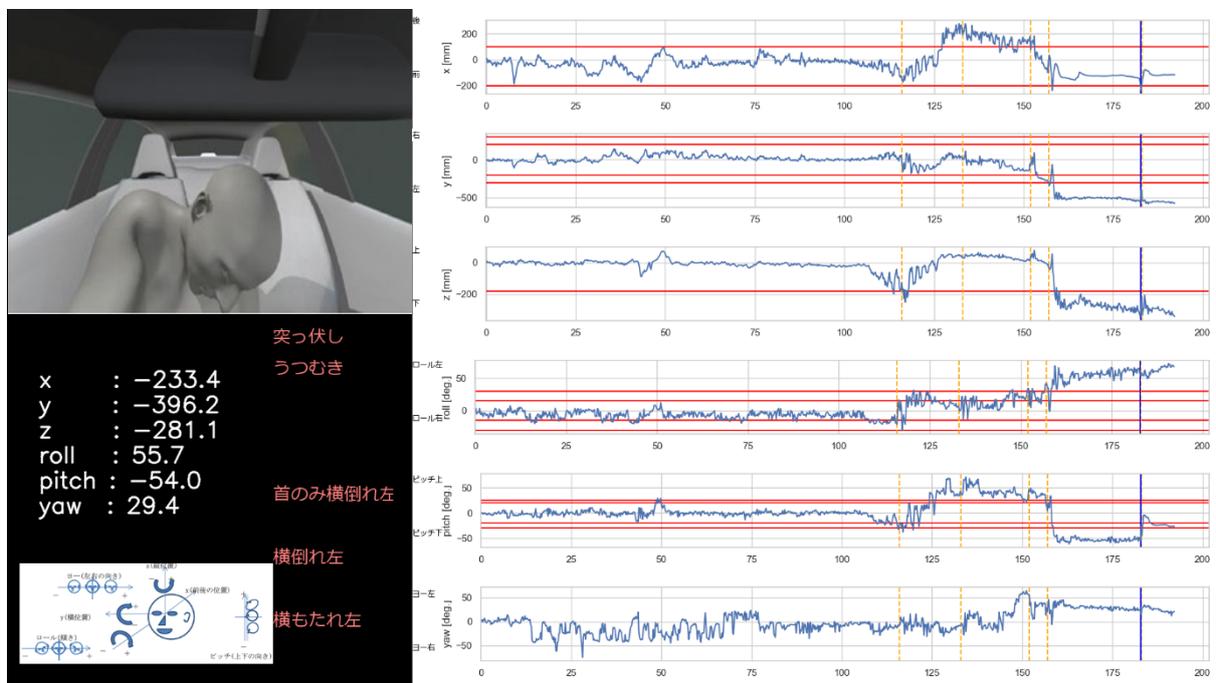


図 2-29 01-H-TA 突っ伏し (x : -200mm 以下、z : -180mm 以下、ピッチ : -30°以下)

【うつむき】

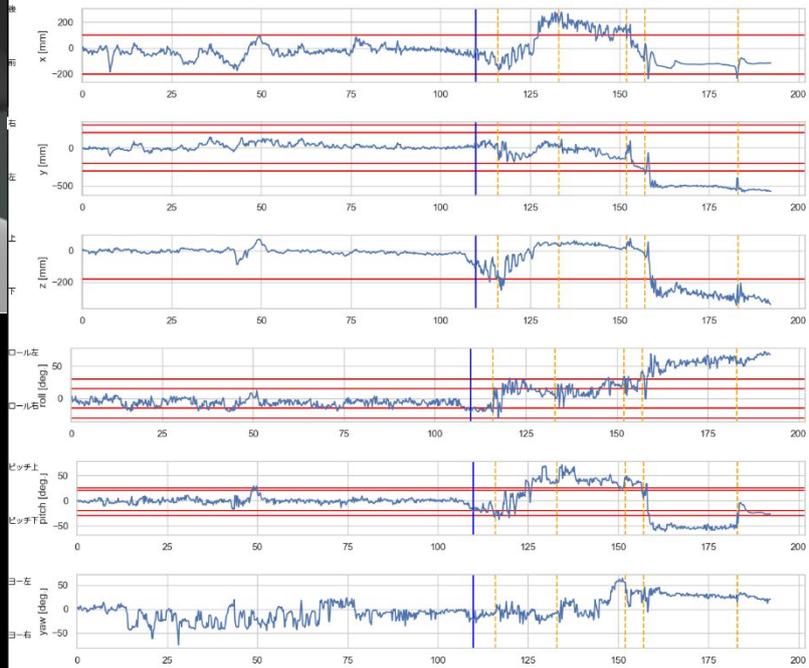
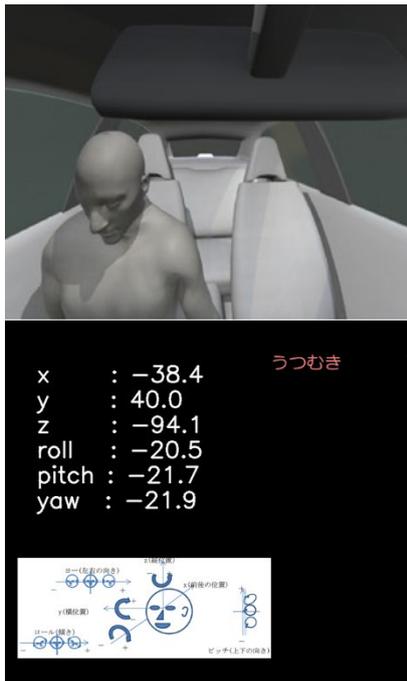


図 2-30 01-H-TA うつむき (ピッチ : -20°以下)

【仰け反り】

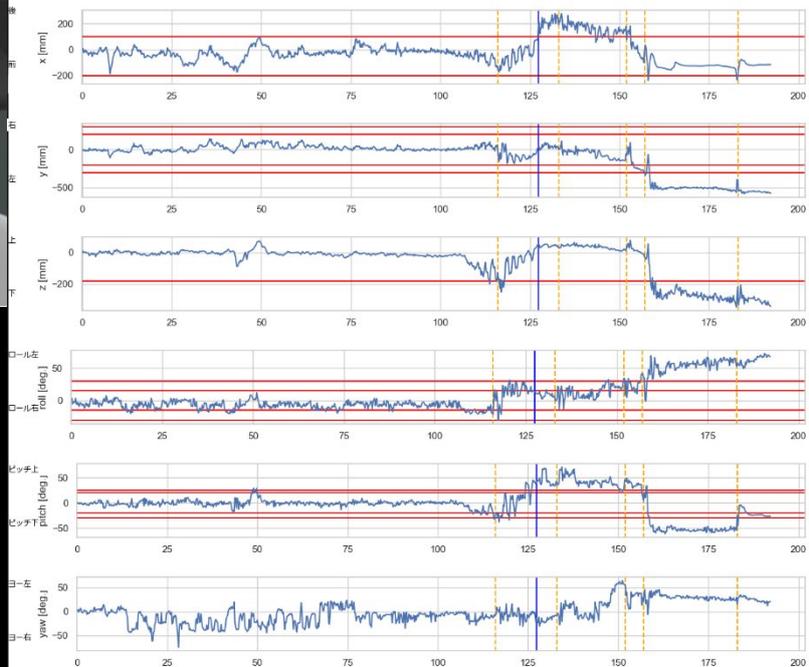
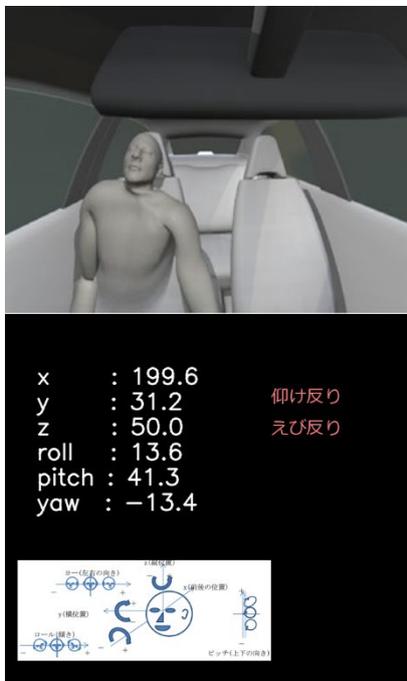


図 2-31 01-H-TA 仰け反り (x : +100mm 以上、ピッチ : +20°以上)

【えび反り】

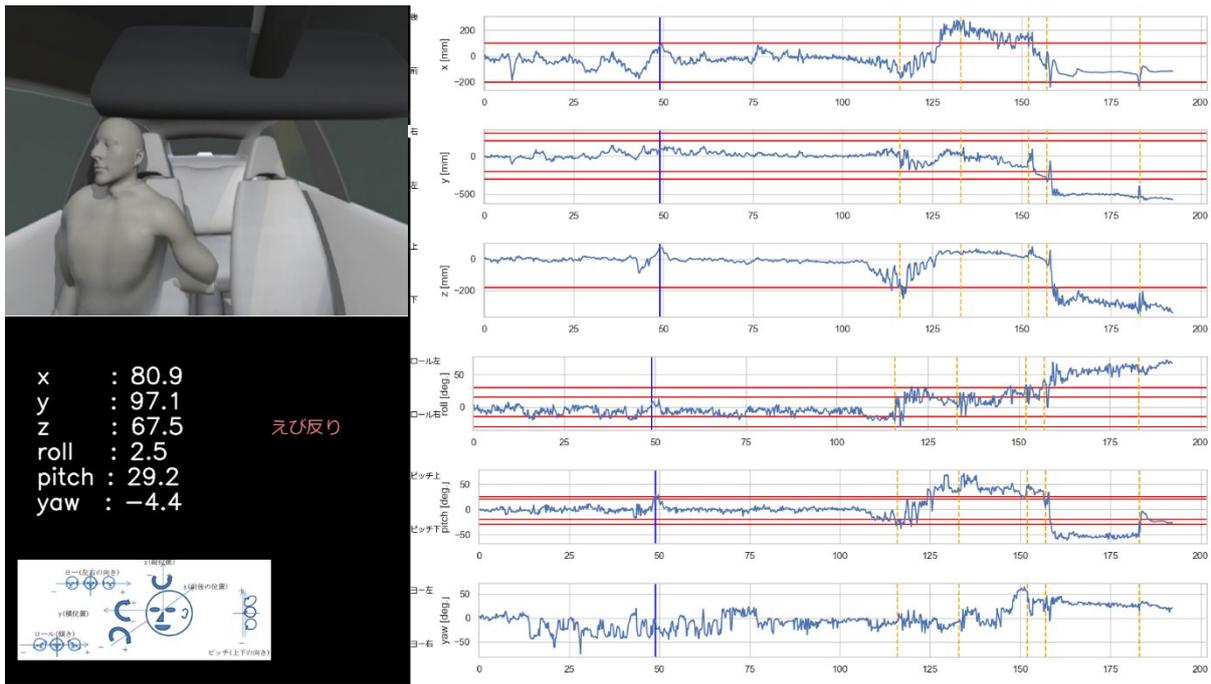


図 2-32 01-H-TA へび反り (ピッチ : +25°以上)

【首のみ横倒れ】

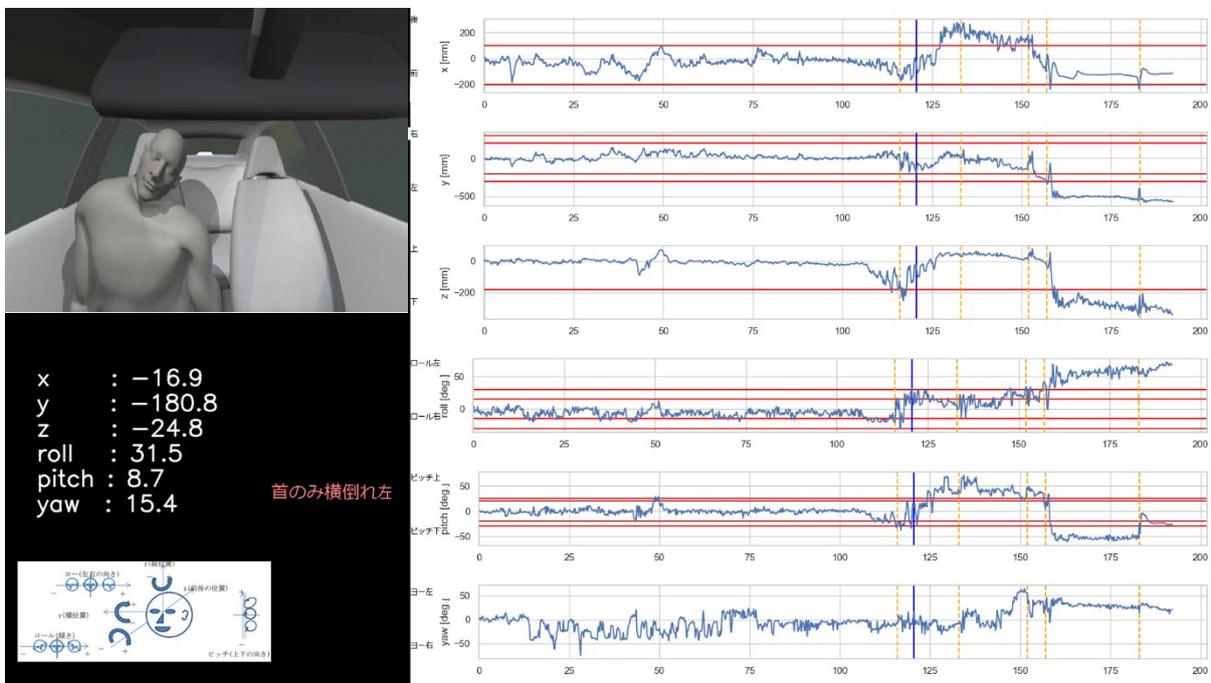


図 2-33 01-H-TA 首のみ横倒れ左 (ロール : +30°以上)

### 【横倒れ】

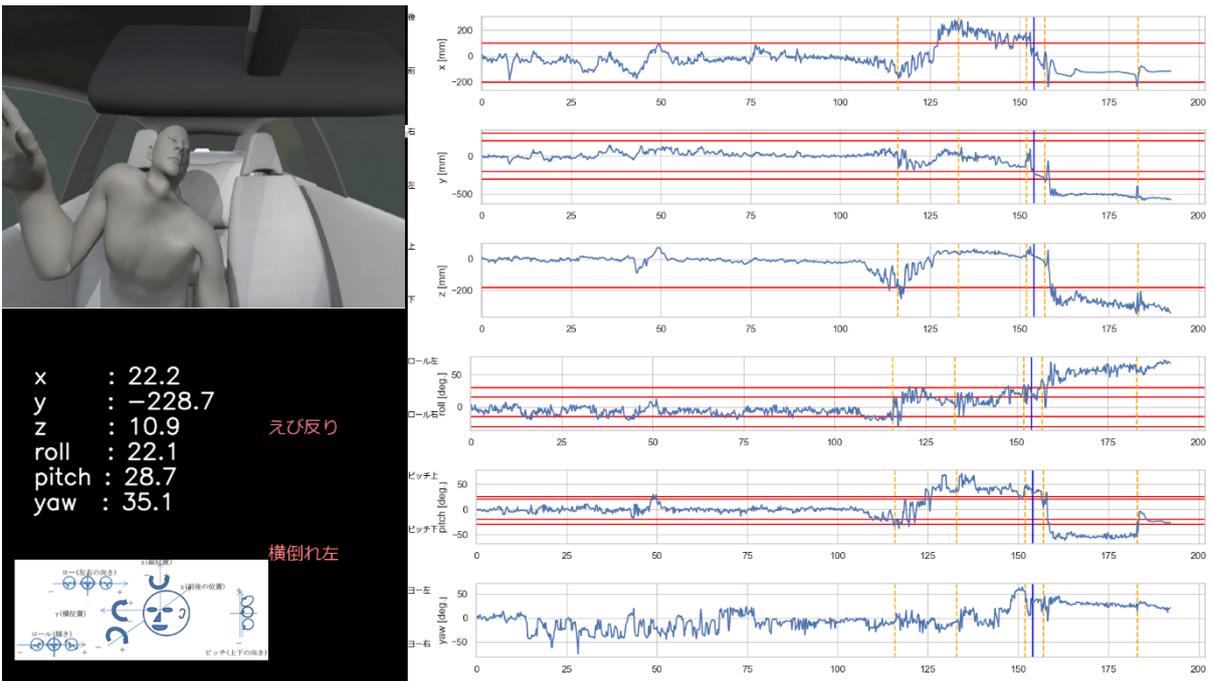


図 2-34 01-H-TA 横倒れ左 (y : -200mm 以下、ロール : +15°以上)

### 【横もたれ】

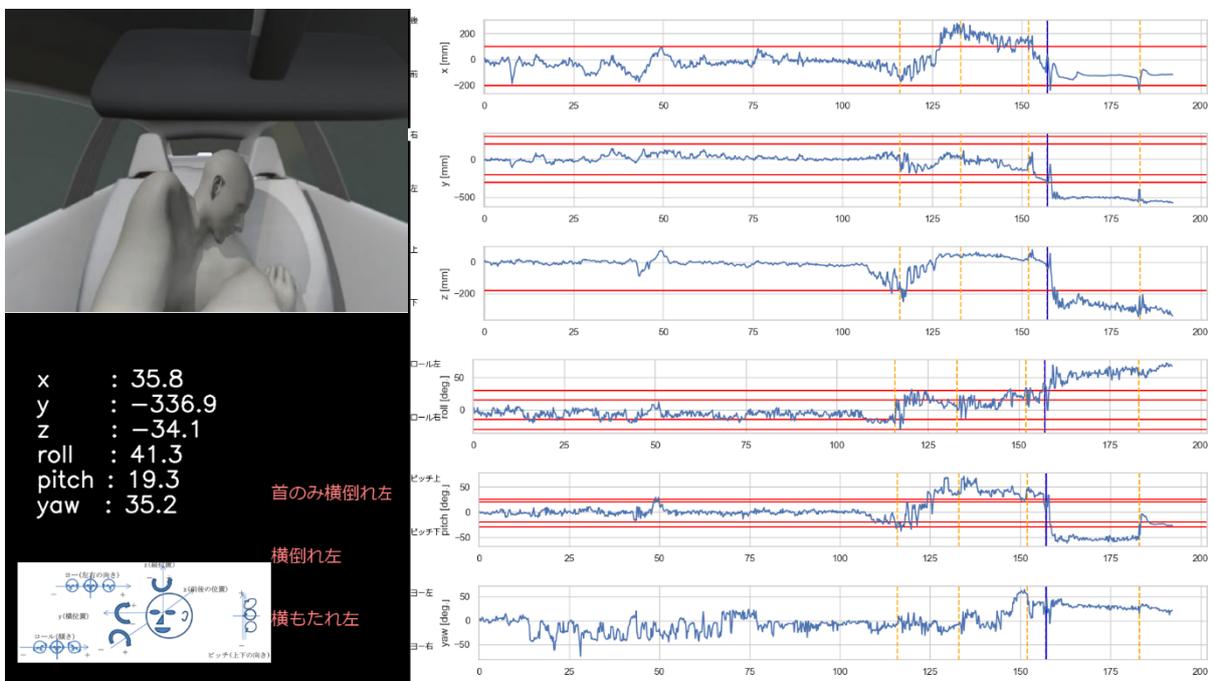


図 2-35 01-H-TA 横もたれ左 (y : -300mm 以下)

(2) 参考値による各姿勢崩れパターンの継続時間

次に 01-H-TA のデータにおいて、参考値による各姿勢崩れパターンの継続時間を確認するため、解析範囲の最初のフレームからの時間を横軸に、縦軸にその姿勢崩れの参考値に抵触した継続時間をプロットしたグラフを図 2-36～図 2-42 に、姿勢崩れパターンごとに示す。図中の赤い水平実線は継続時間の閾値 2 秒を表す。なお、継続時間は (参考値に抵触するフレーム数) / (フレームレート) (秒) で算出した。

【突っ伏し】

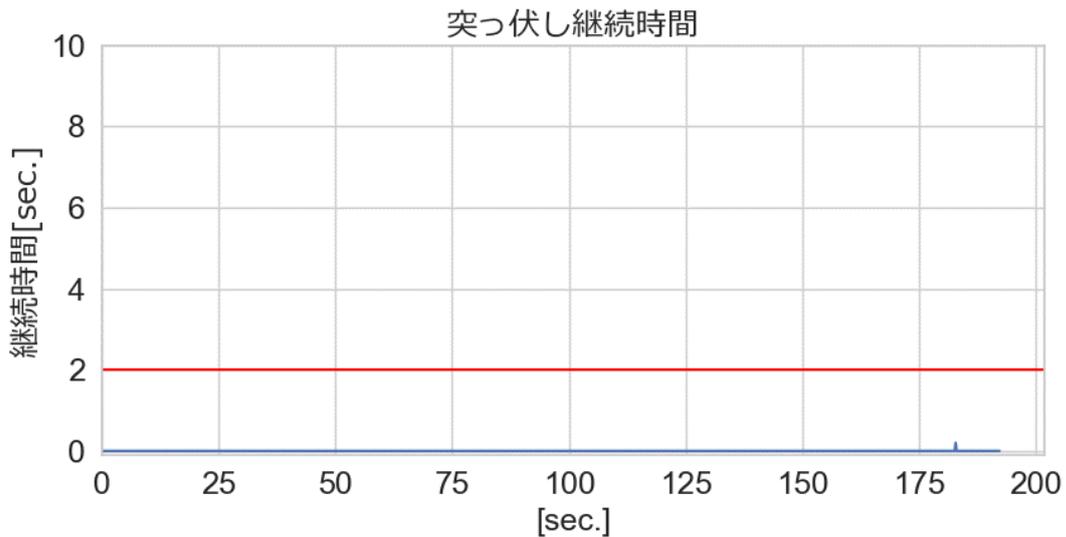


図 2-36 突っ伏しの継続時間 (赤線が 2 秒の閾値)

【うつむき】

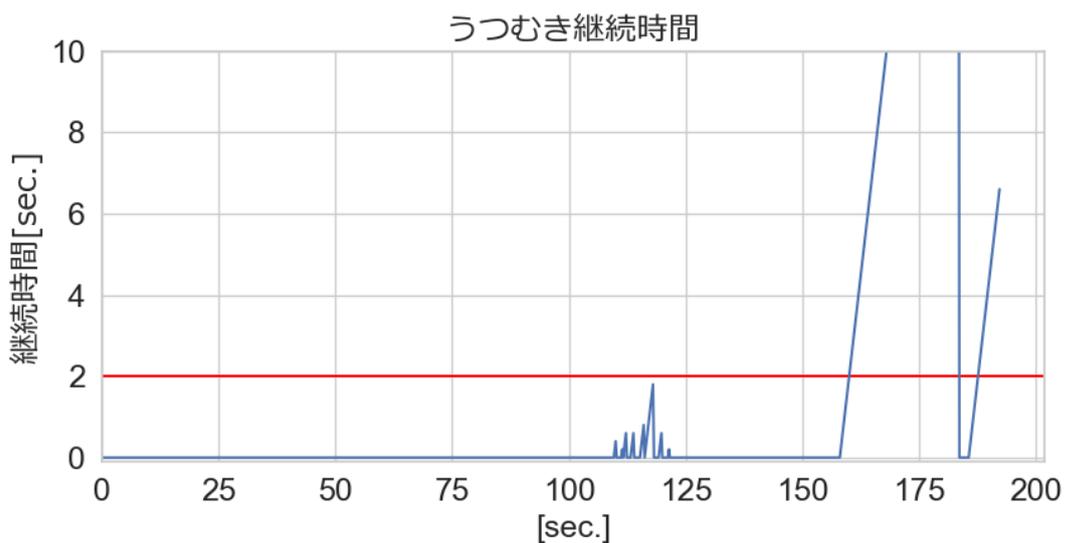


図 2-37 うつむきの継続時間 (赤線が 2 秒の閾値)

【仰け反り】

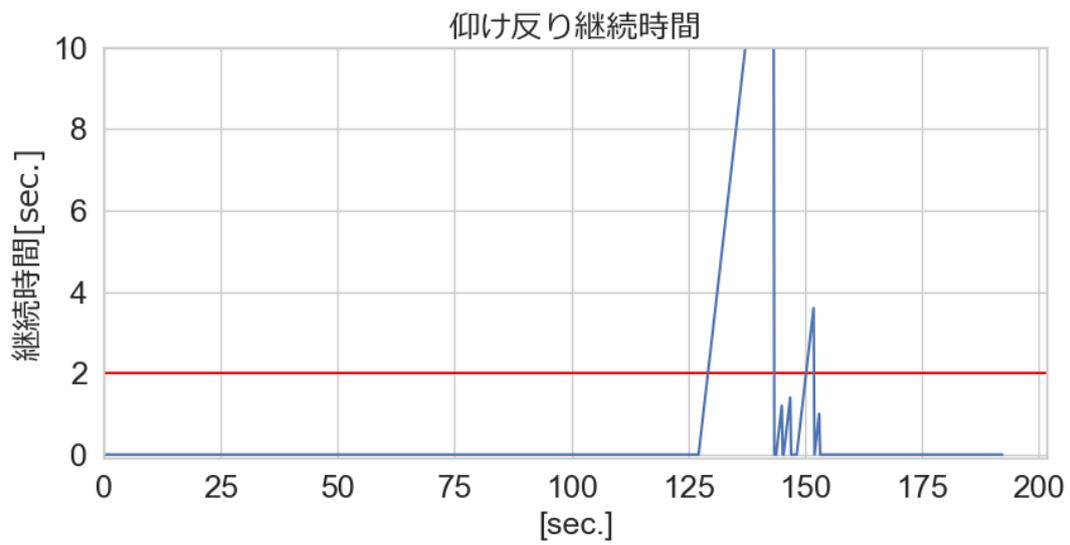


図 2-38 仰け反りの継続時間（赤線が 2 秒の閾値）

【えび反り】

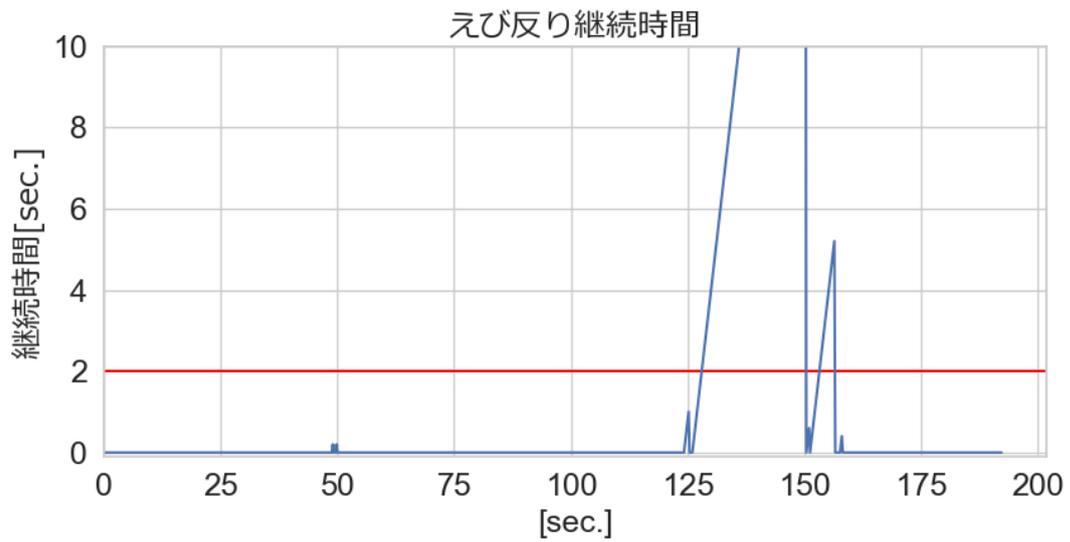


図 2-39 えび反りの継続時間（赤線が 2 秒の閾値）

【首のみ横倒れ】

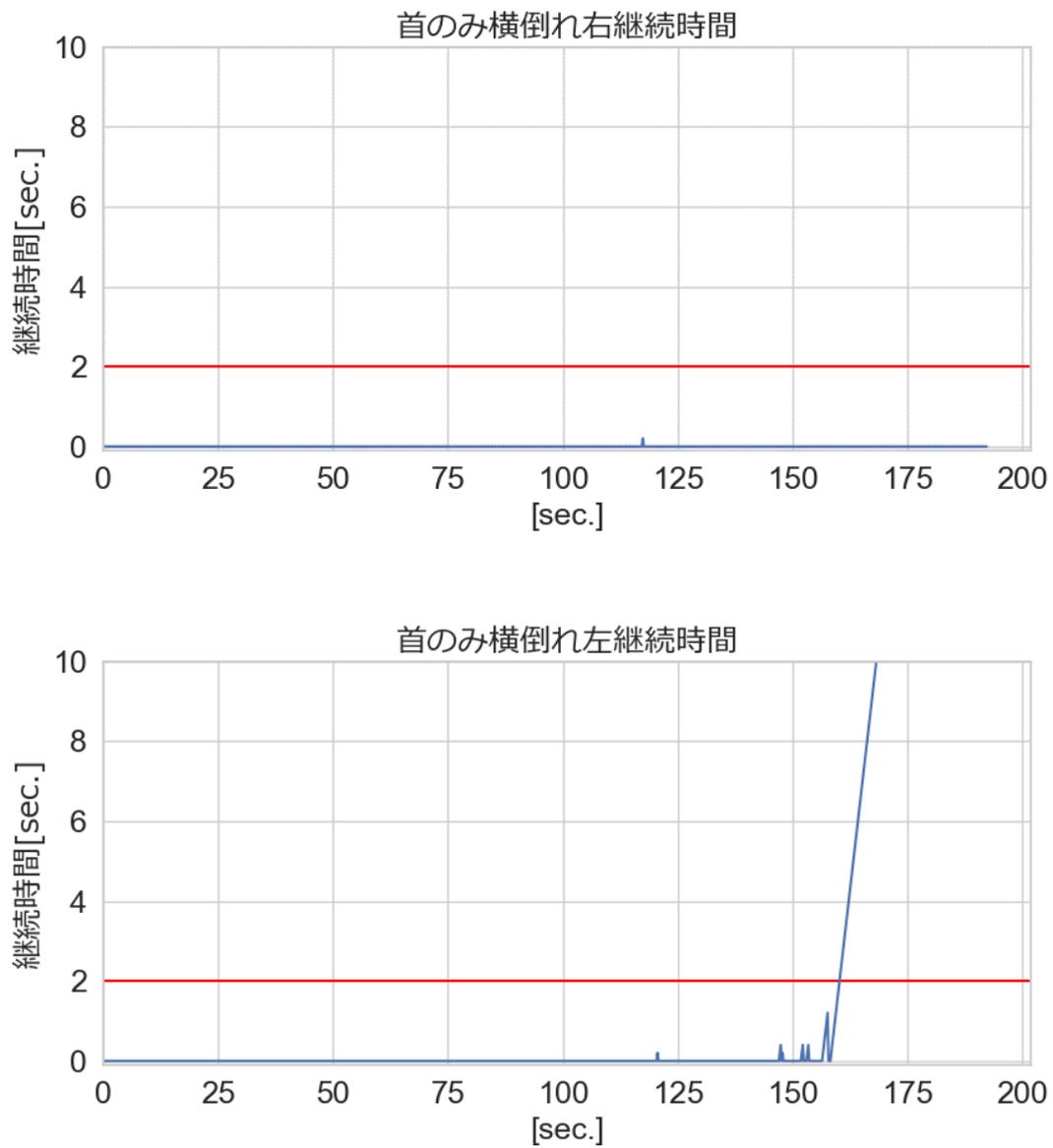


図 2-40 首のみ横倒れの右（上）、左（下）の継続時間（赤線が2秒の閾値）

【横倒れ】

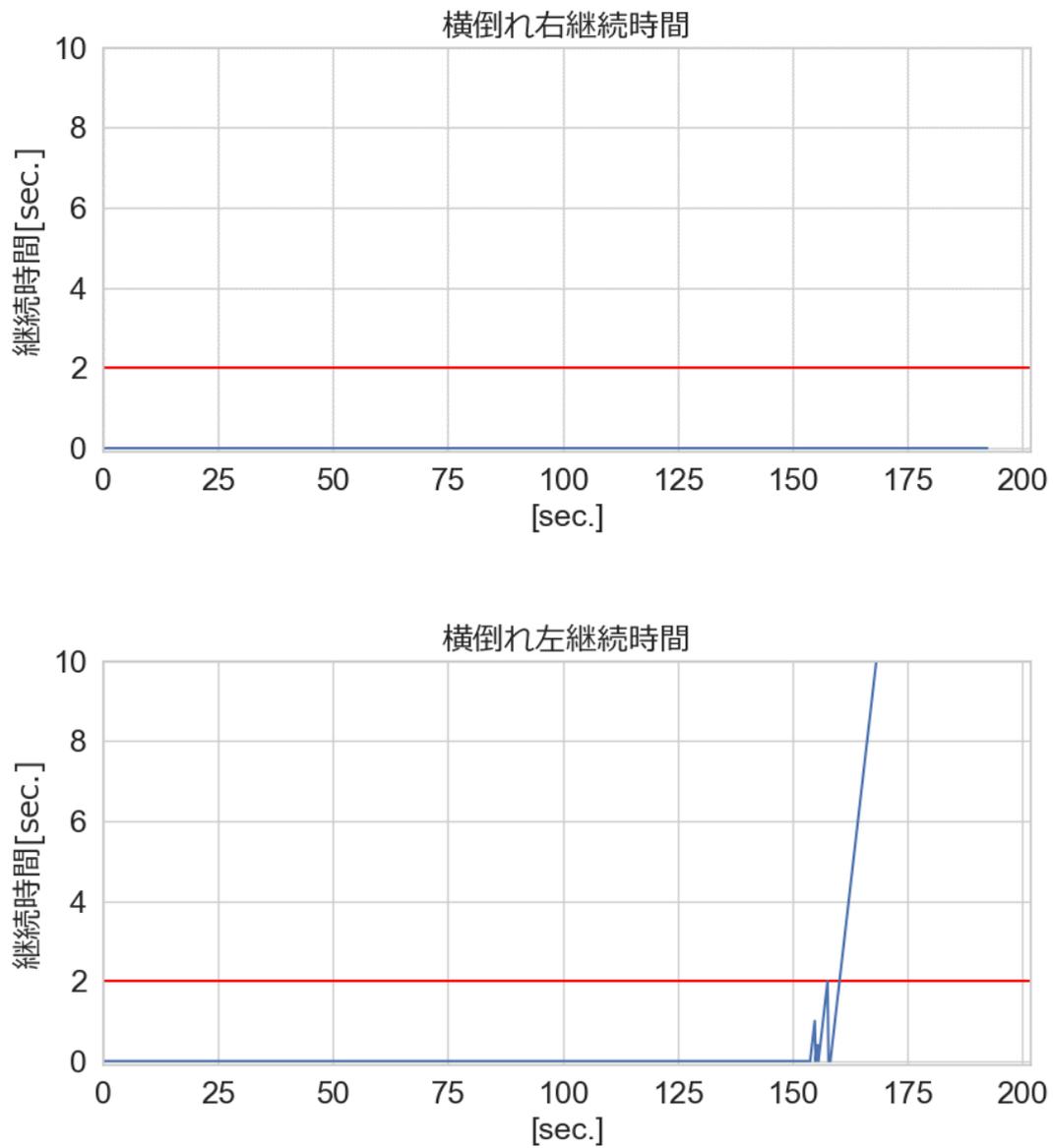


図 2-41 横倒れの右（上）、左（下）の継続時間（赤線が2秒の閾値）

## 【横もたれ】

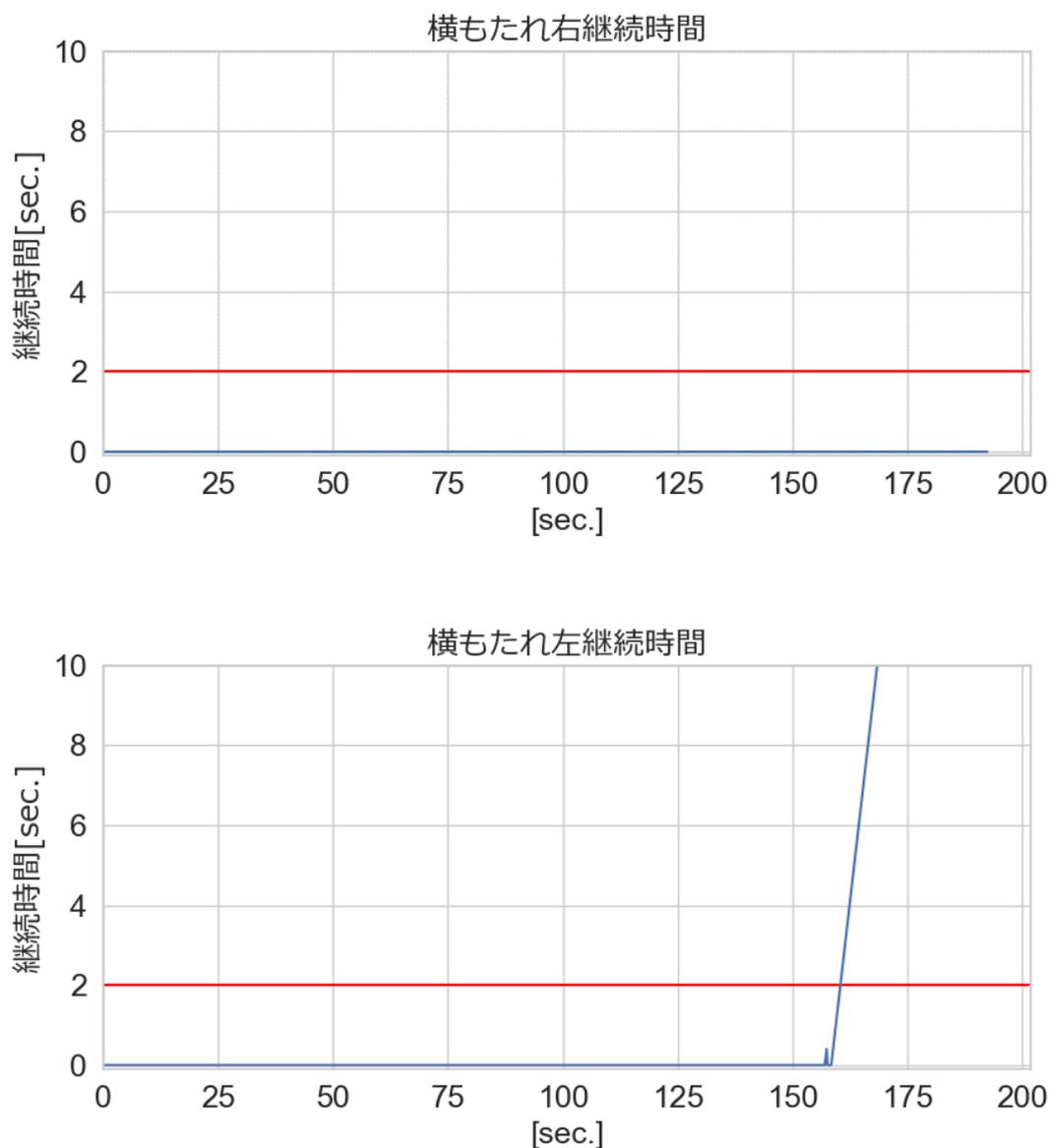


図 2-42 横もたれの右（上）、左（下）の継続時間（赤線が 2 秒の閾値）

### 2.3.2.5.3.3 姿勢崩れの正検出件数と正検出時刻

01-H-TA のデータにおいて、具体的な正検出時刻と衝突時刻の関係例を説明する。表 2-13 に参考値で各姿勢崩れを正検出した時刻（継続 2 秒の時刻）及び参考値に抵触した姿勢崩れの継続時間を示す。表 2-14 に 01-H-TA の解析範囲の時間及び解析範囲内で車両が衝突した時刻を示す。

01-H-TA は 5 回衝突した。1 回目の衝突より前には姿勢崩れを正検出できないが、2 回目の衝突 133.0 秒より 4.8 秒前の 128.2 秒にえび反りを正検出しており、2 回目の衝突より前に姿勢崩れを正検出できている。

1 回目の衝突後に仰け反り、えび反りを正検出、4 回目の衝突により停車する前後でうつむき、首のみ横倒れ、横倒れ、横もたれを正検出した。

表 2-13 01-H-TA の参考値での正検出時刻

姿勢崩れパターン		参考値での正検出時刻 [sec]	継続時間 [sec]
突っ伏し			
うつむき		160.2	25.4
		187.8	6.6
仰け反り		129.4	16.0
		150.4	3.6
えび反り		128.2	24.2
		153.4	5.2
首のみ横倒れ	右		
	左	160.4	34.0 以上
横倒れ	右		
	左	157.8 160.4	2.0 34.0 以上
横もたれ	右		
	左	160.6	33.8 以上

※斜線欄は正検出なし

表 2-14 01-H-TA の衝突時刻

解析範囲 [sec]	192.2
衝突時刻 [sec]	116.0
	133.0
	152.0
	157.0
	183.0

#### 2.3.2.5.3.4 特徴的な挙動

(1) 異常データから観察された特徴的な挙動例

01-H-TA のデータにおいて、観察された特徴的な挙動例を示す。特徴的な挙動例について、観察された事例を図 2-43～図 2-46 に示す。

01-H-TA のデータでは、意識喪失前に胸元に手を近づける (図 2-43)、手を背面へ持っていく (図 2-44) 等の挙動が見られ、意識喪失とみられた後に浅めのうつむきを何度か繰り返す (図 2-45)、手を握りしめ腕が上がる (図 2-46) 等の挙動が観察できた。

なお、個人情報の観点から 3次元可視化モデルの画像例を掲載したが、実事例映像と顔位置・角度を数値化したグラフを比較して確認している。



図 2-43 01-H-TA 胸元に手を近づけるシーン



図 2-44 01-H-TA 手を背面へ持っていく仰け反り（継続時間 2 秒未満）のシーン



図 2-45 01-H-TA 浅めのうつむきを何度か繰り返すシーン



図 2-46 01-H-TA 手を握りしめて腕が上がるシーン

※他の異常データの特徴的な挙動例については、資料編の資料 4 - 8 を参照のこと。

(2) 基本設計書の付表 5) に取りまとめた特徴的な挙動例

41 人の実事例映像のうち、健康起因と報告があった 33 人のドライバー異常が確認された事例で観察された特徴的な挙動例を表 2-15 及び表 2-16 に示す。なお、姿勢崩れパターンの閾値で判定できない特徴的な挙動例を表 2-15 に、衝突等を伴った時の挙動例を表 2-16 にそれぞれ示す。

挙動例の対象や行動の要約としては、口や手の動きに特徴が多く現れた。行動では乗客が停車を要求しているのに反応しない例も多かった。なお、異常ドライバーが衝突によって起きた挙動についても例示した。

また、この特徴的な挙動例を、基本設計書の検知項目 (DS-1、DS-2、DS-3) に補完情報として用いることで、正検出率の向上や早期検出できる可能性があり、更に本補完情報を組み合わせることにより、定められる検出時間等を短縮してもよいとした。

①姿勢崩れパターンの閾値で判定できない特徴的な挙動例

表 2-15 異常が発生したドライバーの特徴的な挙動例（その1）

No	挙動の対象 又は行動	特徴的な挙動の説明 ※1	確認されたドライバー数 ※2（人/母数33）
1	顔	口が開く(口から息を吐く、苦痛を感じていそうに顔がゆがむ)	11
2	顔	苦しうに又は不自然に、口が半開き又は少し大きく開いたままの状態となる(うめき声をあげる事例がある)	5
3	顔	苦しうに口を(大きく)開けたり閉じたりを繰り返す(口で呼吸する、息を吐く)	5
4	顔	意識を失いかけたように一瞬ぐらっと断続的なうつむきが反復される	4
5	顔	両目を断続的に1秒程度強く瞑る	3
6	顔	明らかに急にろれつが回らなくなる(言葉にならない状況)	3
7	顔	意識を失いかけたようにぐらっとうつむきになった後、飲物等を摂取する行動をする(飲み物を飲む又は飴のようなものを口に入れる)	3
8	顔	激しい又は痰が絡んだ咳き込みをする、空咳を繰り返す等、咳を頻繁に繰り返す	3
9	顔	締め付けられたように苦しうな声を出しながら息を吐く	2
10	顔	前方を全く見ないで顔が右側を向いた状態となる、又は右側を向く角度が時間経過と共に大きくなる挙動	2
11	手	違和感があるためか、指又は手で、顔を触る又は頭部(頭頂部、頭頂部から後頭部付近、側頭部から後頭部付近)を触る	10
12	手	市街地での一般道路において、不自然に又は長い間右手で運転し続ける、頻繁に右手の片手運転となる	6
13	手	違和感があるためか、胸に片手をしっかりと当てる、時間の経過とともに片手を交互に胸に当てる、さらに苦しうになるとまさぐるように両手で胸を触る	5
14	手	手(手袋)又はタオルで、額又は頭の汗を拭く	3
15	手	不自然に(大きく移動して座りなおす)助手席ヘッドレストに手を載せる、又は助手席ヘッドレストに手を載せたまま運転する	3
16	手	違和感があるかのように手で腹を擦る	3
17	手	不自然にハンドルから片手又は両手が落ちる(脱力しているように見える)	3
18	手	額又は頭部を触った後に手についた汗を見る(違和感を確認しているようなしぐさ)	2
19	手	明かに息苦しい状態からネクタイを緩める、シャツの襟もとを緩める、より息苦しうになるとシャツの胸部のボタンを外して緩める	2
20	手	両手又は片手を握り胸の高さまで上げる(乗客からの問いかけに反応しないことから、明らかな意識喪失状態に見える)	2
21	手	手のひらを口に当てる、左手を握り口に当てる	3
22	肩又は手	走行中、シートベルトの肩(又は腹部)の付近を緩める、シートベルトが肩から外れて下がる、シートベルトを外してしまう等、違和感や苦しい状態を緩和するような挙動	8
23	肩	呼吸が苦しいからか肩で明確に息をする(肩を動かして口で呼吸する)	5
24	頭・ハンドル	脱力的にハンドルにもたれる(ハンドルの上部位置をつかみ、ハンドルに覆い被さるようになり前かがみの姿勢になる)	3
25	胸	胸が苦しいからか、違和感からか、胸を突き出す(断続的な場合もある)	2
26	行動	車両停止を要求しているのにも反応しない、意識喪失したかのように対向車線を走行する、などのような状況で不自然に加速し、制限速度を超えて走行する	5
27	行動	不用意、不自然に、急発進又は強めの発進加速をする(既にうつむきや仰け反り等の症状が出ている状況)	2
28	行動	緩やかに停止又は停車する過程で、停止線を超えて横断歩道上の横断者に接触しそうになる、又は歩道柵の支柱や前方車両に低速で衝突する	5
29	行動	高速道路を一定速度で走行中に、ドライバー異常発生直前に速度が低下する(アクセルを踏んでいない状況)	3
30	行動	一定時間に複数回エンストさせる又はエンストさせても気が付かない(MT車)	2

※1：「苦痛を感じていそう」「苦しう」「息苦しう」の表現については、映像を観察しての主観に基づく。

※2：41人の実事例映像から、健康起因と報告があった異常ドライバー33人の実事例映像を母数として特徴的な挙動毎に発現した人数をカウントした。1人のドライバーで複数の挙動が発現している場合もあるためトータル人数は母数を超える。

## ②衝突を伴った挙動例

表 2-16 異常が発生したドライバーの特徴的な挙動例その 2

No	挙動の対象	特徴的な挙動の説明 ※1	確認されたドライバー数 ※2 (人/母数33)
1	行動	車両側面の歩道柵等への衝突又は前方車両への追突において、衝撃を受けた際に正常なドライバーの動きよりも顔位置が大きく(急激に)動く、姿勢崩れ向きが反対側に変わる	20
2	行動	対向車線を走行し続ける、又は対向車側のガードレール等に複数回衝突しても走行継続する	5
3	行動	車両側面が左側ガードレール(歩道柵)に衝突し乗客が声をかけても「大丈夫ですよ」等と返事をして走行継続する、又は運転者は反応するが衝突の認識がないため複数回衝突しても走行継続する	2
4	行動	意識喪失していない状態で高速道路中央分離帯に衝突後に減速・停止するが、衝突したことを正しく認識できずに運転席左側に落ちてきた物を押しのけた後に再び加速して走行継続する、又は意識喪失した状態で高速道路中央分離帯に衝突後にそのまま走行継続する	2

※1:「苦痛を感じていそう」「苦しそう」「息苦しそう」の表現については、映像を観察しての主観に基づく。

※2: 41 人の実事例映像から、健康起因と報告があった異常ドライバー33 人の実事例映像を母数として特徴的な挙動毎に発現した人数をカウントした。1 人のドライバーで複数の挙動が発現している場合もあるためトータル人数は母数を超える。

### 2.3.2.5.3.5 異常データ解析結果まとめ

異常データ(路線バス5事例、トラック1事例、タクシー12事例)から、タクシーの01-H-TAを主に紹介してきた。18事例の解析結果のまとめについては、2.3.2.4.6節の正常データ解析結果及び解析した18事例以外の健康起因の報告があった異常ドライバーの実事例映像の検討結果からも合わせて示す。

- (1) 基本設計書(平成30年3月)の7つの姿勢崩れパターンと参考値により、異常が発生したドライバーの姿勢崩れの状態が正検出できることが示された。
- (2) 走行中においては、正常データにおいて参考値に抵触し2秒以上継続の姿勢崩れが検出されることがない(表2-8)ことから、参考値により、正常ドライバーにおいて異常と誤検出(正常を異常と判定)することなく、かつ異常ドライバーにおいて異常を正検出できることが示された。
- (3) 一方、低速域では、表2-9に示したとおり正常データにおいて参考値に抵触し2秒以上継続の姿勢崩れ(うつむきのほか、突っ伏し及び首のみ横倒れ右)が検出されたことから、参考値により正常ドライバーにおいて誤検出(正常を異常と判定)されることなくすべての異常データを判別することができなかったが、実事例映像には、姿勢崩れ後に走行を継続する・急発進する等の例が見られるため、低速域においても正しく正検出する必要があると考えられる。
- (4) 本検討で解析した異常データの18事例を含めた、健康起因と報告があった異常ドライバー33事例の実事例映像には、基本設計書(平成30年3月)の顔の

位置・角度の姿勢崩れだけではない7つの姿勢崩れパターン以外のドライバーの特徴的な挙動パターンがあることがわかった。

- (5) 衝突後の姿勢崩れとして正検出したものもあり、より早期に検出できることが望ましいことがわかった。

### 2.3.2.6 新閾値の検討

閾値の設定に際しては、正常ドライバー並びに異常ドライバーの映像情報等を確認検討し、以下の基本的な考えのもと導き出した。すなわち、正常ドライバーに対して「異常」と誤った判定をしないこと、及び異常ドライバーに対して「異常」と正しい判定をすることを論理的に個別に精査分析した結果に基づいて、正常ドライバーを異常と判定しない閾値で、かつ、ドライバー異常の正検出率が高くなるような閾値である相反する2つの事象を、配慮事項等を付加し満たす必要がある。

#### 2.3.2.6.1 正常データと異常データの比較

参考値における各姿勢崩れパターンの比較例として、正常ドライバー路線バス6人のヒストグラム及び散布図をまとめたものに、異常ドライバー路線バス5人のヒストグラム及び散布図をまとめたものを重畳した。姿勢崩れの継続時間を考慮せずに正常データと異常データの重なり状況を確認した。

例えば図 2-47 の突っ伏しで  $x$  前後、 $z$  縦の散布図において、正常データ群は  $x$  の閾値を後側に変更できそうなことが観察できる。

図 2-47～図 2-53 に、各姿勢崩れの参考値とともに示す。正常ドライバーについては走行中、異常ドライバーについては低速域を含む走行中のデータである。

図 2-54～図 2-60 に、各姿勢崩れの参考値とともに示す。なお、正常ドライバー及び異常ドライバーともに、低速域を含む走行中のデータである。

また、本編において、突っ伏し、うつむき、横倒れについては、正常データのヒストグラム及び散布図の図 2-21～図 2-25 と比較参照して確認できるようにしている。なお、各車種の各姿勢崩れのヒストグラム及び散布図については、資料編の資料 4-8 を参照のこと。

各図は路線バスのデータのみ合算して描いたもので、青が異常ドライバー、緑が正常ドライバー、散布図中の赤点が異常ドライバーで参考値に抵触した映像のうち2秒以上継続、すなわち、参考値における姿勢崩れの正検出となる異常ドライバーの顔の位置・角度を表しており、背景が赤い範囲は参考値越えの範囲である。ヒストグラムにおける縦軸は、左軸が異常データのフレーム数、右軸が正常データのフレーム数であり、正常データと異常データで縦軸の数値が異なる。また、異常データ及び正常データ双方で車種ごとに各ドライバーの映像数を合算したものである。

(1) 正常ドライバーは走行中、異常ドライバーは低速域を含む走行中  
 ① 突っ伏し

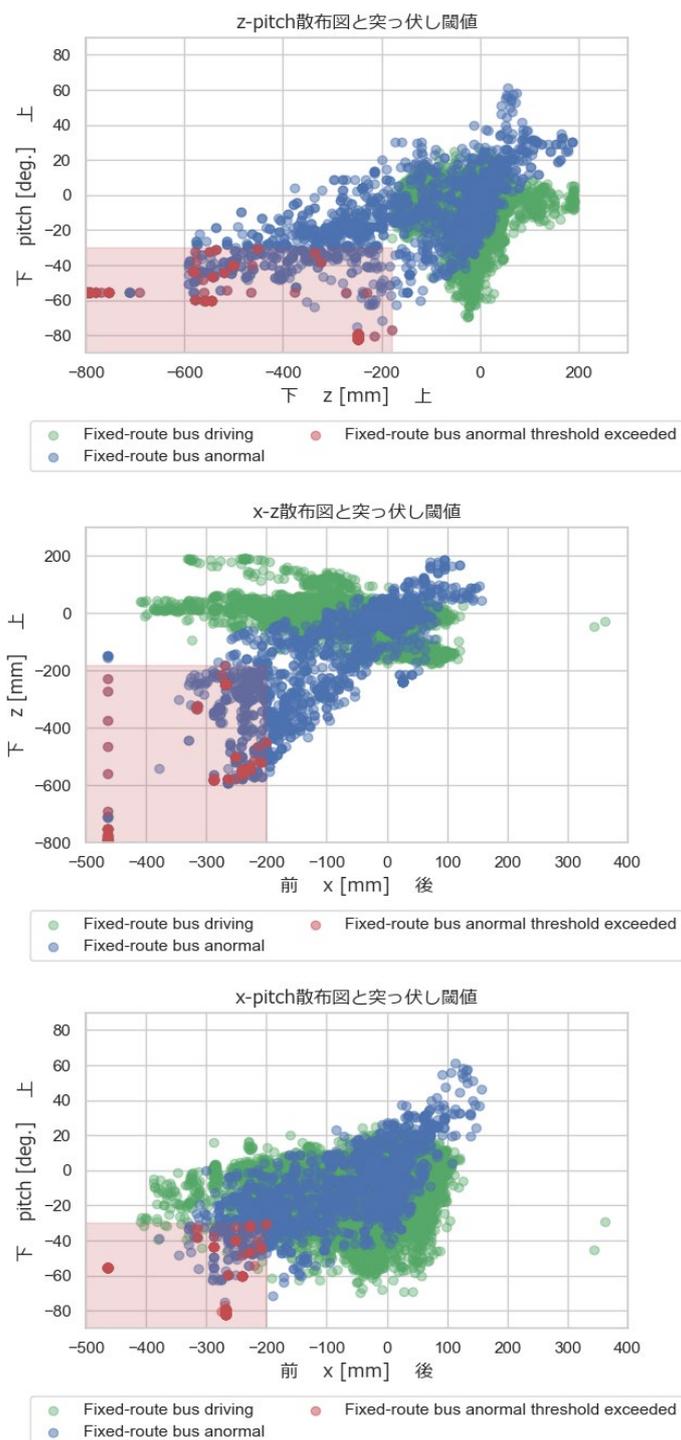


図 2-47 路線バスの突っ伏し (z-ピッチ (上)、x-z (中)、x-ピッチ (下)) の散布図  
 (緑：路線バス正常ドライバー (走行中)、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触 2 秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

② うつむき

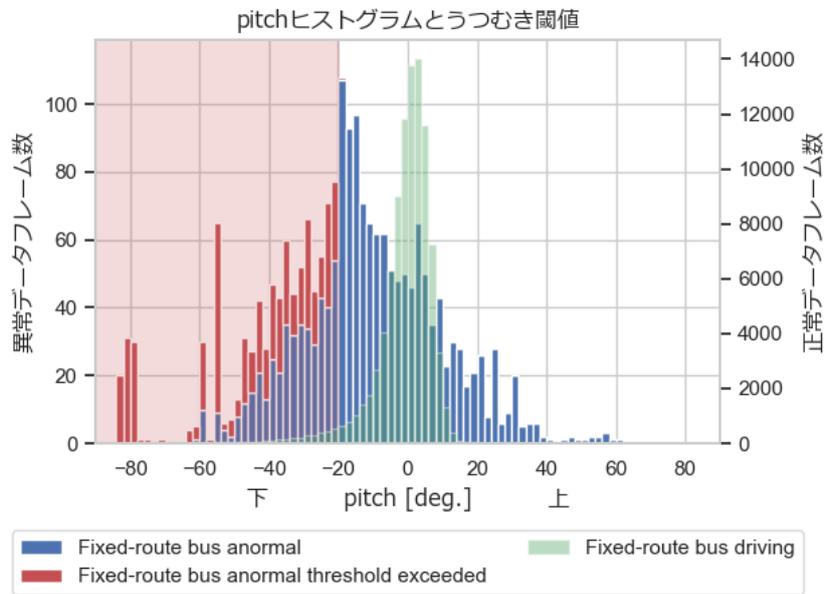


図 2-48 路線バスのうつむきのヒストグラム

(緑：路線バス正常ドライバー（走行中）、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

③ 仰け反り

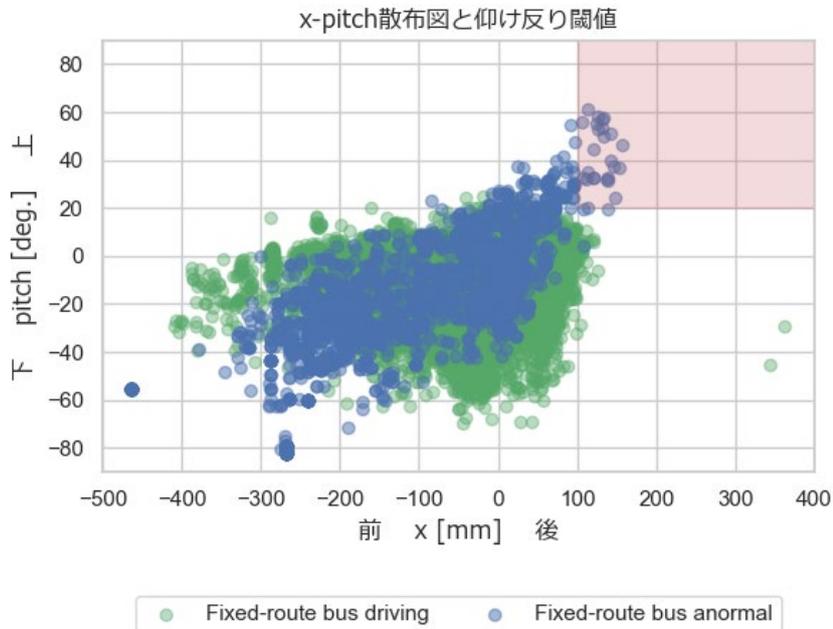


図 2-49 路線バスの仰け反りの散布図

(緑：路線バス正常ドライバー（走行中）、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

④えび反り

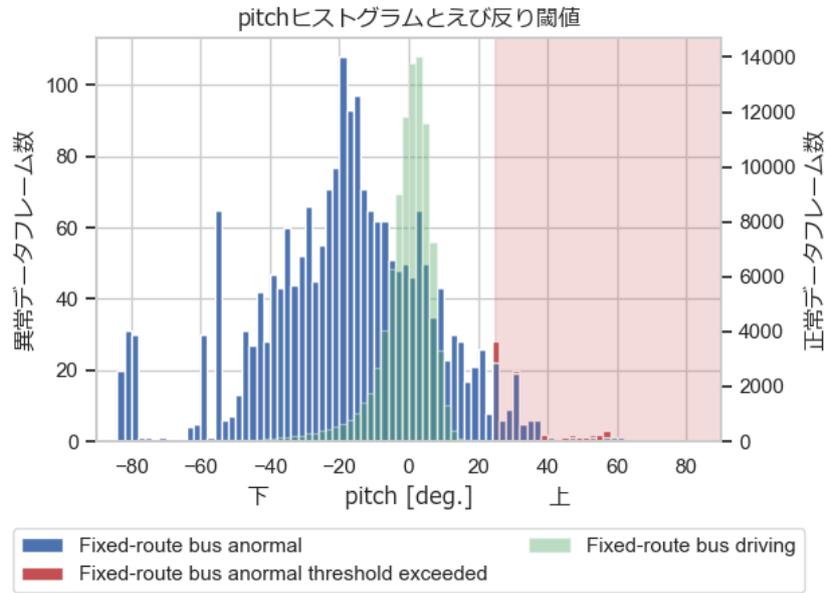


図 2-50 路線バスのえび反りのヒストグラム

(緑：路線バス正常ドライバー（走行中）、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

⑤首のみ横倒れ

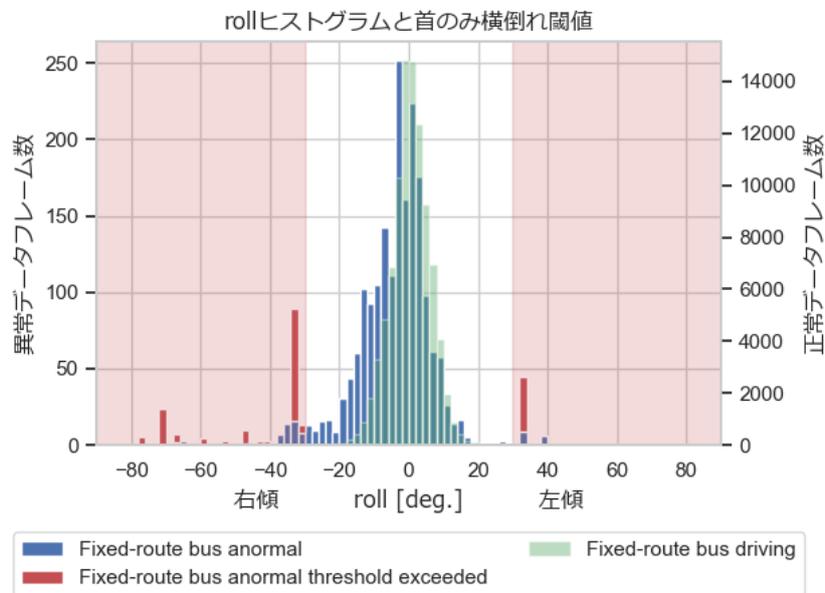


図 2-51 路線バスの首のみ横倒れのヒストグラム

(緑：路線バス正常ドライバー（走行中）、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触2秒以上継続、赤色は範囲：参考値抵触の範囲)

⑥横倒れ

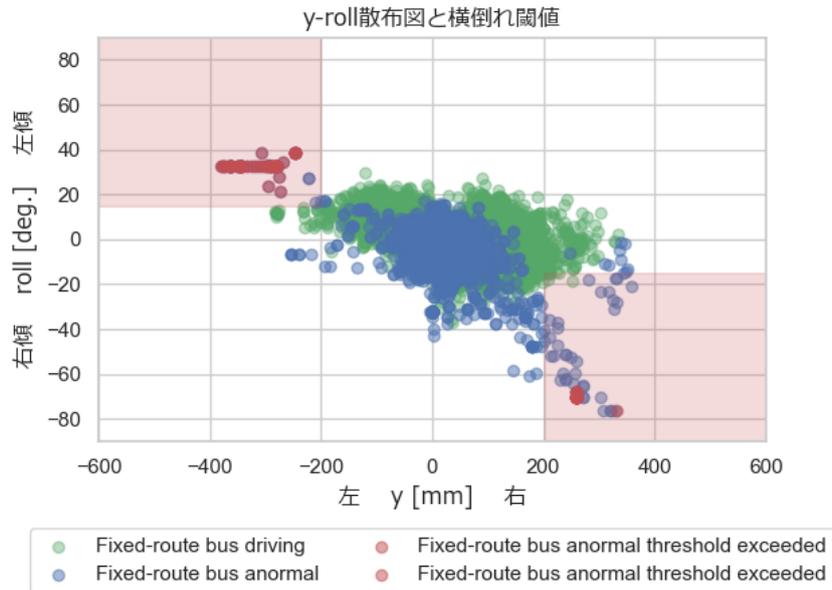


図 2-52 路線バスの横倒れの散布図

(緑：路線バス正常ドライバー（走行中）、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

⑦横もたれ

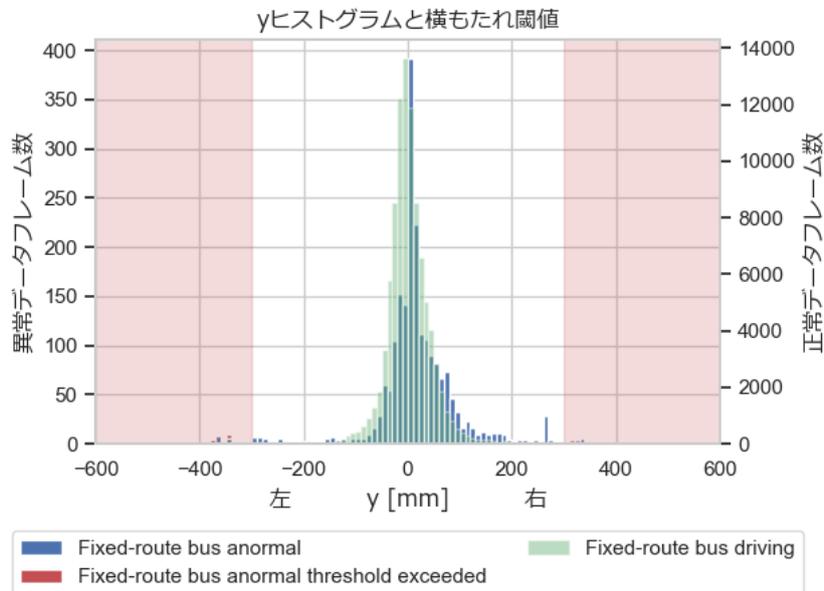


図 2-53 路線バスの横もたれのヒストグラム

(緑：路線バス正常ドライバー（走行中）、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

(2) 正常ドライバー及び異常ドライバーともに低速域を含む走行中  
 ①突っ伏し

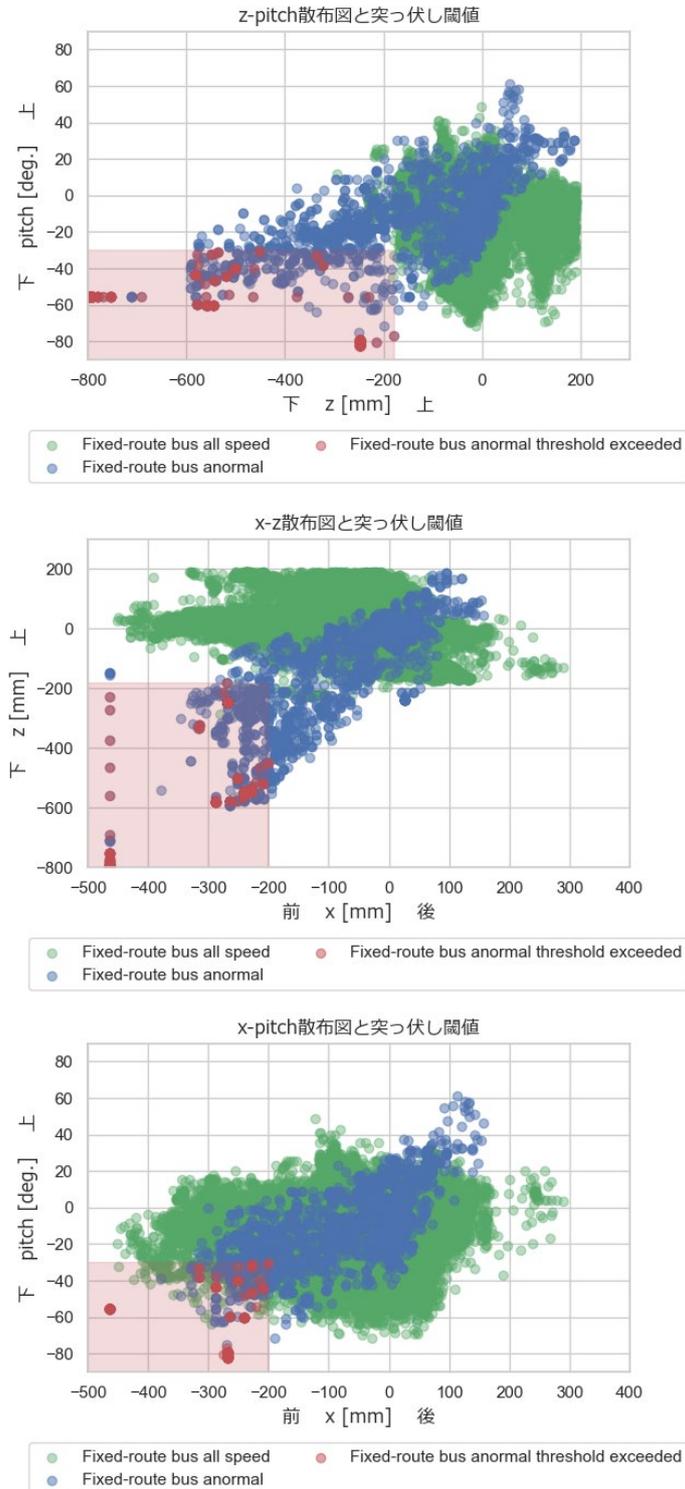


図 2-54 路線バスの突っ伏し (z-ピッチ (上)、x-z (中)、x-ピッチ (下)) の散布図 (緑: 路線バス正常ドライバー (低速域を含む走行中)、青: 路線バス異常ドライバー、赤: 路線バス異常ドライバー参考値抵触 2 秒以上継続、赤範囲: 参考値抵触の範囲)

② うつむき

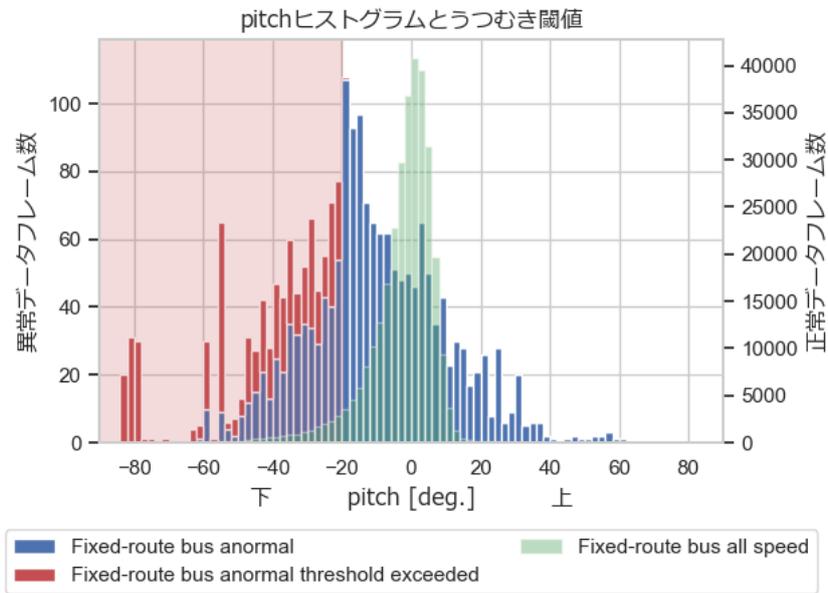


図 2-55 路線バスのうつむきのヒストグラム

(緑：路線バス正常ドライバー（低速域を含む走行中）、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

③ 仰け反り

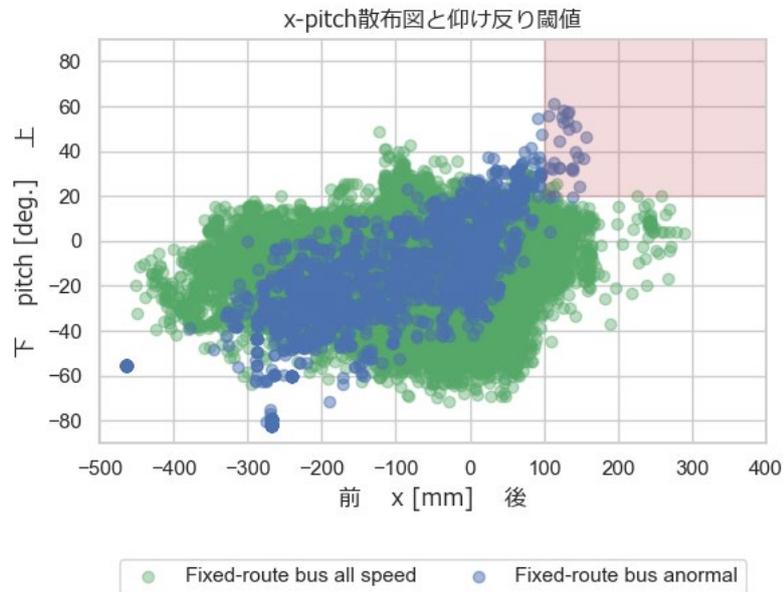


図 2-56 路線バスの仰け反りの散布図

(緑：路線バス正常ドライバー（低速域を含む走行中）、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

④えび反り

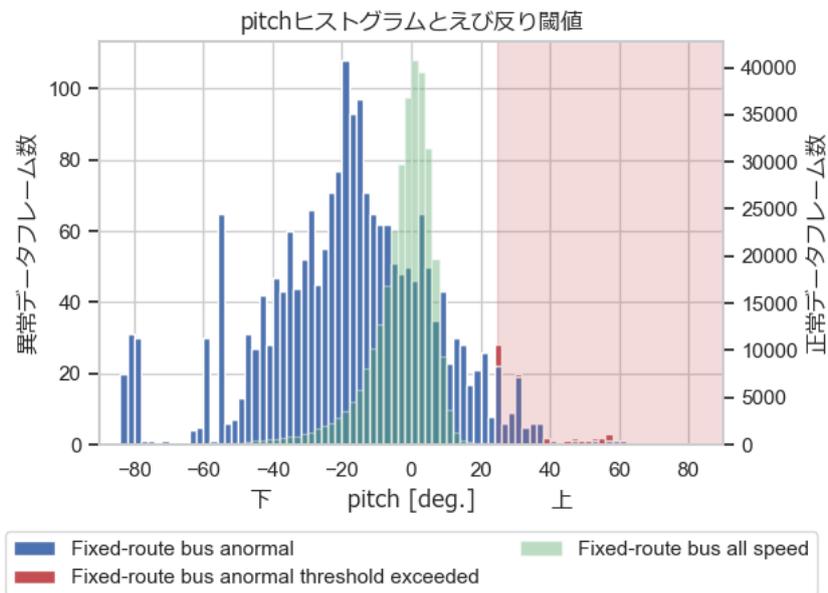


図 2-57 路線バスのえび反りのヒストグラム

(緑：路線バス正常ドライバー（低速域を含む走行中)、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

⑤首のみ横倒れ

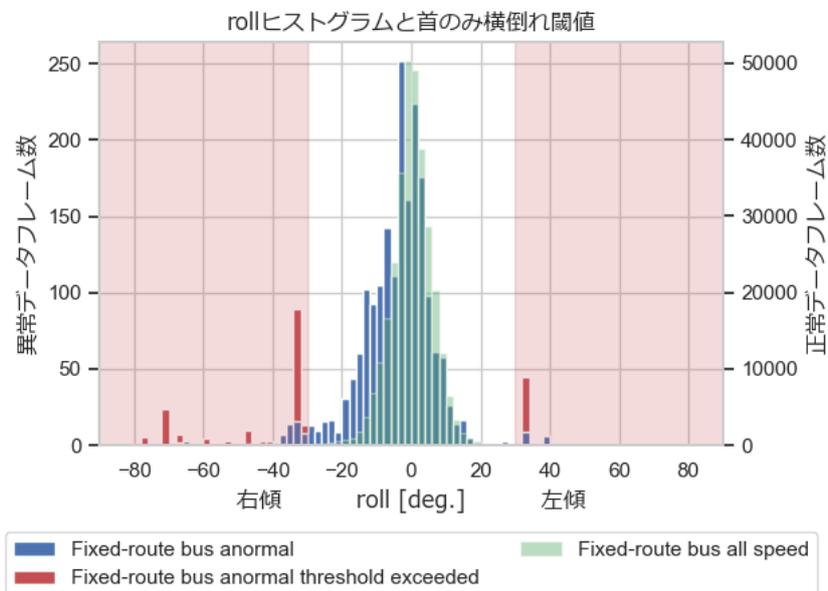


図 2-58 路線バスの首のみ横倒れのヒストグラム

(緑：路線バス正常ドライバー（低速域を含む走行中)、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

⑥横倒れ

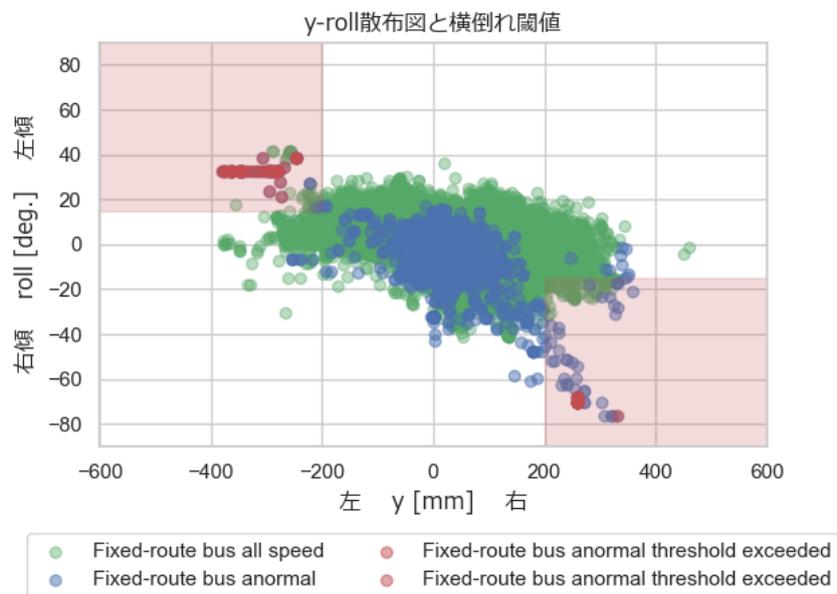


図 2-59 路線バスの横倒れの散布図

(緑：路線バス正常ドライバー（低速域を含む走行中)、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

⑦横もたれ

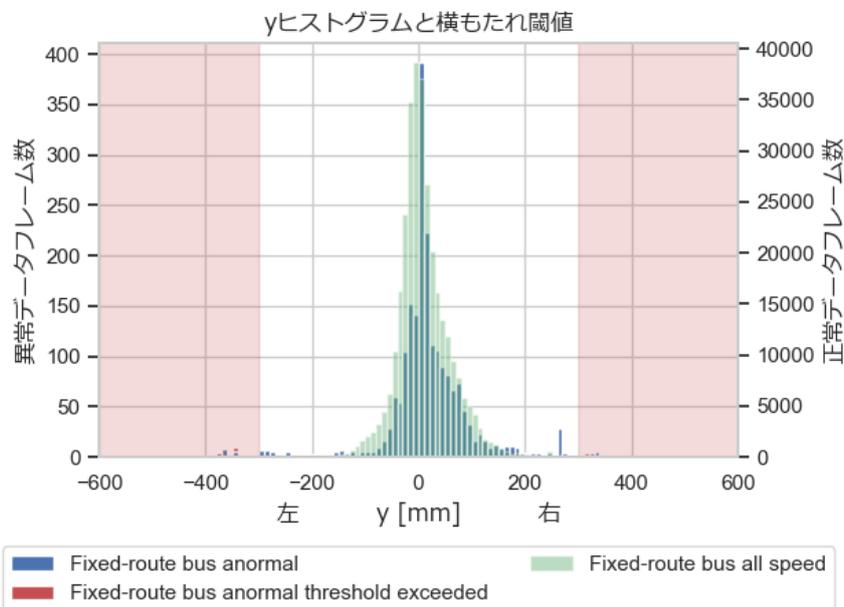


図 2-60 路線バスの横もたれのヒストグラム

(緑：路線バス正常ドライバー（低速域を含む走行中)、青：路線バス異常ドライバー、赤：路線バス異常ドライバー参考値抵触2秒以上継続、赤範囲：参考値抵触の範囲)

※他の散布図及びヒストグラムについては、資料編の資料4-8を参照のこと。

ヒストグラムや散布図は継続時間を考慮していなかったことから、次に継続時間の閾値である2秒以上継続の条件で以下のとおり確認した。

表2-8に正常データ走行中の車種別参考値での検出件数、表2-9に正常データ低速域を含む走行中での車種別参考値での検出件数、表2-17に異常データ車種別参考値での2秒以上継続した正検出件数を示す。異常データの解析対象には高速バスのドライバーを含んでいないため、高速バスの行は斜線としている。また、乗用車の行がタクシーのドライバーに対応するものである。

表2-8 正常データにおける参考値2秒以上継続の検出件数（走行中）（再掲）

車種	突っ伏し	うつむき	仰け反り	えび反り	首のみ 横倒れ右	首のみ 横倒れ左	横倒れ右	横倒れ左	横もたれ右	横もたれ左
高速バス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
路線バス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
トラック	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
乗用車	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表2-9 正常データにおける参考値2秒以上継続の検出件数（低速域を含む走行中）（再掲）

車種	突っ伏し	うつむき	仰け反り	えび反り	首のみ 横倒れ右	首のみ 横倒れ左	横倒れ右	横倒れ左	横もたれ右	横もたれ左
高速バス	1	26	0	0	0	0	0	0	0	0
路線バス	0	45	0	0	1	0	0	0	0	0
トラック	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0
乗用車	0	84	0	0	0	0	0	0	0	0
計	1	194	0	0	1	0	0	0	0	0

表2-17 異常データにおける参考値2秒以上継続の正検出件数

車種	突っ伏し	うつむき	仰け反り	えび反り	首のみ 横倒れ右	首のみ 横倒れ左	横倒れ右	横倒れ左	横もたれ右	横もたれ左
高速バス										
路線バス	10	30	0	2	3	1	2	1	1	1
トラック	1	2	1	1	0	3	1	1	0	1
乗用車	1	27	5	5	0	7	2	7	0	6
計	12	59	6	8	3	11	5	9	1	8

正常ドライバー及び異常ドライバーの顔の位置・角度データを基本設計書の姿勢崩れに基づいて解析した結果、以下であった。

- (1) 異常ドライバーの全18異常データについて、基本設計書の参考値によって、姿勢崩れが発生したことを正検出可能である。
- (2) 正常ドライバーの全31正常データについては顔の位置・顔角度の参考値に抵触するケースはあるものの、走行中には継続時間の閾値（2秒以上の継続）以上となるものはない。

- (3) 正常ドライバーの低速域の中において、停車間際や発進直後または停車中ではうっむきの参考値に抵触する（2秒以上の継続）ケースがあり、低速域の場合にはうっむきの参考値のみで異常を判断できない可能性がある。
- (4) 今回の正常ドライバー全 31 人の正常データ及び異常ドライバー全 18 人の異常データからの解析結果では、走行中であれば基本設計書の参考値により正常ドライバーと異常ドライバーを誤検出なく分離可能であった。
- (5) 新閾値の検討の方向性について、わかりやすい例として、表 2-8 と表 2-9 の横倒れにおいて、正常データでは、参考値に抵触する（異常と誤検知する）ことはなかった。一方で表 2-17 の異常データでは異常を検出する。このような横倒れについては、参考値において誤検出がないことから、より異常を検出するための、閾値に見直しできると考えた。

#### 2.3.2.6.2 新閾値の設定

正常ドライバーを異常と判定しない閾値で、かつ異常ドライバーの正検出の増加及び早期化するために、下記の 2 つの手順で検討を行った。

【手順 1】 走行中と低速域を含む走行中のそれぞれにおける各姿勢崩れについて、閾値を変更した際に誤検出（正常を異常と判定）とならない範囲を抽出した。まず、正常データと異常データを分離可能と考えられる範囲を抽出し、次に、正常データについてのみ、より詳細に取り得る姿勢崩れの範囲を確認できるように範囲を変更した。

なお、これにより特定された正常ドライバーの取り得る姿勢範囲は、一覧表にして表 2-18 のとおりまとめ、ドライバー異常自動検知システムを設計する際の考慮事項として基本設計書に記載した。

【手順 2】 抽出された範囲から、正常データを誤検出しないこと、参考値では検出できなかった姿勢崩れを正検出することで正検出件数の増加に寄与することや、参考値より早期の正検出に寄与すること等を確認・検討し、新閾値を導き出した。

なお、新閾値の設定後に、異常データから作成した 3 次元可視化モデルを利用し、新閾値へ抵触するシーンを確認した。その様子については、資料編の資料 4 - 8 に参考として示す。

次に、手順 1 と手順 2 の詳細について、以降に示す。

表 2-18 正常ドライバーの取り得る姿勢範囲

姿勢崩れパターン	速度域	正常ドライバーの取り得る姿勢範囲
突っ伏し	走行中	前方向-50mm以上
		縦方向-75mm(下方向)以上
	発進・停車間際・停車	前方向-100mm以上
		縦方向-75mm(下方向)以上
うつむき	走行中	ピッチ-17.5° (下向き)以上
	発進・停車間際・停車	ピッチ-45° (下向き)以上
仰け反り	走行中	後方向+50mm以下
		ピッチ+10° (上向き)以下
	発進・停車間際・停車	後方向+50mm以下
		ピッチ+12.5° (上向き)以下
えび反り	走行中	ピッチ+17.5° (上向き)以下
	発進・停車間際・停車	ピッチ+22.5° (上向き)以下
首のみ横倒れ右	走行中	ロール-17.5° (右向き)以上
	発進・停車間際・停車	ロール-35° (右向き)以上
首のみ横倒れ左	走行中	ロール+17.5° (左向き)以下
	発進・停車間際・停車	ロール+22.5° (左向き)以下
横倒れ右	走行中	横+75mm(右方向)以下
		ロール-17.5° (右向き)以上
	発進・停車間際・停車	横+125mm(右方向)以下
		ロール-20° (右向き)以上
横倒れ左	走行中	横-100mm(左方向)以上
		ロール+17.5° (左向き)以下
	発進・停車間際・停車	横-150mm(左方向)以上
		ロール+20° (左向き)以下
横もたれ右	走行中	横+250mm(右方向)以下
	発進・停車間際・停車	横+250mm(右方向)以下
横もたれ左	走行中	横-125mm(左方向)以上
	発進・停車間際・停車	横-250mm(左方向)以上

【手順1の詳細】

表 2-19 に抽出された各姿勢崩れの閾値を検討する範囲を示す（閾値検討の範囲）。なお、正常データについては、範囲を2回に分けて抽出している。

1回目（表 2-19 における「検討1」）は走行中と低速域を含む走行中のそれぞれにおける各姿勢崩れについて、正常データと異常データそれぞれの分布から、2つを分離可能と考えられる範囲を抽出しており、顔位置については50mm 又は40mm 刻み、顔角度については5° の刻みとしている。

2回目（表 2-19 における「検討2」）は、正常データについて、より詳細に取り得る姿勢崩れの範囲を確認するために、「検討1」の範囲よりも基本的に基準フレームの姿勢（図 2-13 における各軸の値が0 m、0°（姿勢崩れがまったくない状態）に近い（より姿勢崩れの小さい）方向に範囲を拡張、刻みを微細化した。なお、映像歪を補正した精度から顔位置は25mm 刻み、顔角度は2.5°刻みとした。さらに各姿勢

崩れの関連性及び特性から以下のことを考慮し、閾値検討の範囲とした。

- ① 閾値が1軸で構成される姿勢崩れと2軸以上で構成される姿勢崩れにおいて、共通する軸がある場合、1軸で構成される姿勢崩れの検討範囲を複数軸の姿勢崩れの共通する軸の検討範囲よりも基準フレームの姿勢から遠く（より姿勢崩れが大きくなるような範囲とした。例えば、えび反り（ピッチのみ）と仰け反り（ピッチとx）の共通する軸はピッチで、えび反りのピッチの閾値検討範囲の上限（+30°）は、仰け反りのピッチの検討範囲上限（+25°）よりも大きな値とした。その理由は、複数軸で構成される姿勢崩れと比較し、1軸だけの姿勢崩れの検出は、正常ドライバーの誤検出の可能性があると考えたためである。
- ② うつむきの検討範囲について、実態を確認するため、低速域を含む走行中においては、参考値より基準フレームの姿勢から遠く（より姿勢崩れが大きくなるような範囲とした。
- ③ 横倒れについて、乗用車においてカーナビゲーション等の画面・空調等の操作から助手席側に顔が傾く傾向があったため、横倒れ右に対し基準フレームの姿勢に近い範囲は除外した。

表 2-19 各姿勢崩れの閾値検討の範囲

姿勢崩れ	参考値	新閾値	閾値検討の範囲	
			異常データ/正常データ（検討1）	正常データ（検討2）
突っ伏し	x<200mm以下	x<150mm以下	x（-200、-150）mm以下	x（-150、-125、-100、-75、-50）mm以下
	z<180mm以下	z<100mm以下	z（-180、-140、-100）mm以下	z（-125、-100、-75）mm以下
	pitch<30°以下	pitch<15°以下	pitch（-30、-25、-20、-15）°以下	pitch（-15）°以下
うつむき	pitch<20°以下	pitch<20°以下	pitch（-30、-25、-20、-15）°以下	pitch（-45、-40、-35、-30、-25、-20、-17.5、-15）°以下
仰け反り	x+100mm以上	x+50mm以上	x（+150、+100、+50）mm以上	x（+100、+50、+25）mm以上
	pitch+20°以上	pitch+15°以上	pitch（+25、+20、+15、+10）°以上	pitch（+15、+12.5、+10）°以上
えび反り	pitch+25°以上	pitch+20°以上	pitch（+30、+25、+20、+15、+10）°以上	pitch（+25、+22.5、+20、+17.5、+15、+10）°以上
首のみ横倒れ	右 roll<30°以下	roll<20°以下	roll（-35、-30、-25、-20、-15）°以下	roll（-35、-30、-25、-22.5、-20、-17.5、-15）°以上
	左 roll+30°以上	roll+20°以上	roll（+35、+30、+25、+20、+15）°以上	roll（+35、+30、+25、+22.5、+20、+17.5、+15）°以上
横倒れ	右 y+200mm以上	y+150mm以上	y（+200、+150、+100）mm以上	y（+150、+125、+100、+75、+50）mm以上
	右 roll<15°以下	roll<15°以下	roll（-20、-15、-10）°以下	roll（-20、-17.5、-15、-12.5、-10）°以下
	左 y<200mm以下	y<150mm以下	y（-200、-150、-100）mm以下	y（-150、-125、-100）mm以上
	左 roll+15°以上	roll+15°以上	roll（+20、+15、+10）°以上	roll（+20、+17.5、+15、+12.5、+10）°以上
横もたれ	右 y+300mm以上	y+250mm以上	y（+300、+250、+200、+150、+100）mm以上	y（+275、+250、+200、+175、+150、+125、+100）mm以上
	左 y<300mm以下	y<250mm以下	y（-300、-250、-200、-150、-100）mm以下	y（-275、-250、-200、-175、-150、-125、-100）mm以上

【手順2の詳細】

新閾値は、手順1で抽出された範囲から、正常データを誤検出しないこと、参考値では検出できなかった姿勢崩れを正検出することで正検出件数の増加に寄与すること、参考値より早期の正検出に寄与することや以下の観点を考慮・検討し、導き出し

た。なお、検討に際しては、異常データは 18 人の異常ドライバーの映像から数値化したデータであり、限られたサンプル数であることや測定精度の状況を考慮した。

- ① 閾値を参考値より基準フレームの姿勢（図 2-13 における各軸の値が 0 m、0°（姿勢崩れがまったくない状態）に近い値とした際に、異常データによっては複数の正検出が繋がり 1 つの正検出となる場合が確認されたことから、異常ドライバーの正検出が増加していたとしても、正常データでの誤検出の有無を確認して判断した。
- ② 低速域を含む走行中の正常データにおいても 2 秒以上継続の誤検出が確認されないことが望ましいと考えた。
- ③ 新閾値となりえると思われる数値周辺で検出された姿勢崩れは、実際の姿勢崩れを映像で確認し、閾値として考慮すべきか確認した。
- ④ 左右方向の姿勢崩れ（首のみ横倒れ、横倒れ、横もたれ）については、汎用性を考慮し、左右で絶対値が同じ値となるようにした。なお、基準フレームの姿勢から遠い（より姿勢崩れの大きい）値とした。
- ⑤ 走行中の正常データにおいて、2 秒以上継続の誤検出がある閾値から新閾値まで余裕幅を持つことを考慮した。
- ⑥ 1 軸が共通の軸の関連性のある姿勢崩れ（うつむきと突っ伏し、えび反りと仰け反り、首のみ横倒れと横倒れ、横もたれと横倒れ）においては、複数軸で構成される姿勢崩れの共通の軸の閾値が、1 軸で構成される姿勢崩れよりも基準フレームの姿勢に近い（より姿勢崩れの小さい）値とした。

以上の手順により、新閾値を以下に示す表 2-5 及び表 2-6 のとおり設定した。

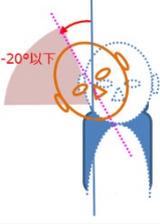
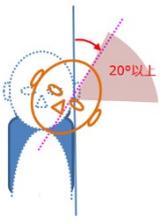
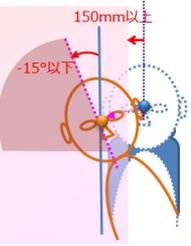
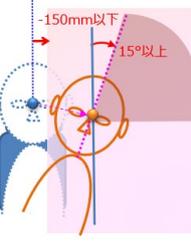
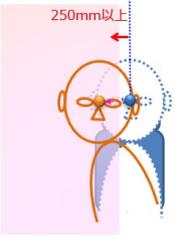
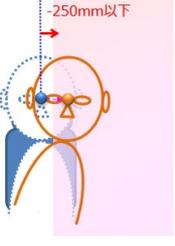
表 2-5 各姿勢崩れパターンの閾値（その1）（再掲）

姿勢崩れパターン	閾値イメージ	閾値						継続時間
		x (前後)	y (横)	z (縦)	ヨー	ピッチ	ロール	
突っ伏し		-150 mm 以下	-	-100 mm 以下	-	-15° 以下	-	2 秒以上 の値を 適切に 設定
うつむき		-	-	-	-	-20° 以下	-	
仰け反り		+50 mm 以上	-	-	-	+15° 以上	-	
えび反り		-	-	-	-	+20° 以上	-	

—：値を規定せず（任意の値をとり得る）

つづく

表 2-6 各姿勢崩れパターンの閾値（その2）（再掲）

姿勢崩れパターン	閾値イメージ	閾値						継続時間
		x (前後)	y (横)	z (縦)	ヨー	ピッチ	ロール	
首のみ横倒れ		-	-	-	-	-	-20° 以下	2 秒以上 の値を 適切に 設定
		-	-	-	-	-	+20° 以上	
横倒れ		-	+150 mm 以上	-	-	-	-15° 以下	
		-	-150 mm 以下	-	-	-	+15° 以上	
横もたれ		-	+250 mm 以上	-	-	-	-	
		-	-250 mm 以下	-	-	-	-	

—：値を規定せず（任意の値をとり得る）

以降では、突っ伏しを用いて新閾値設定の検討内容を例として説明する。表 2-19 における正常データ（検討 2）のピッチ-15° における走行中についての閾値検討の範囲を表 2-20 に、低速域を含む走行中についての閾値検討の範囲を表 2-21 に示す。表 2-20 及び表 2-21 の上段は 2 秒以上継続の誤検出件数、下段は継続時間（秒）を示している。また、表 2-19 における異常データのピッチ-15° における閾値検討の範囲を表 2-22 に示す。

表 2-20 正常データ突っ伏し閾値検討の範囲の検出件数（走行中）

pitch ≤ -15° 突っ伏し z/x閾値	乗用車					トラック					路線バス					高速バス				
	-150	-125	-100	-75	-50	-150	-125	-100	-75	-50	-150	-125	-100	-75	-50	-150	-125	-100	-75	-50
-125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
-75	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.0	0.1	0.1	0.9	2.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

（※それぞれのセルの上段は 2 秒以上継続の検出件数、下段は最大継続時間（秒）、赤枠は 2 秒以上継続の姿勢崩れがあった部分、橙ハッチは 4 車種どれかでも 2 秒以上継続の姿勢崩れがあった部分）

表 2-21 正常データ突っ伏し閾値検討の範囲の検出件数（低速域を含む走行中）

pitch ≤ -15° 突っ伏し z/x閾値	乗用車					トラック					路線バス					高速バス				
	-150	-125	-100	-75	-50	-150	-125	-100	-75	-50	-150	-125	-100	-75	-50	-150	-125	-100	-75	-50
-125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	1.0	1.0	1.0	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6
-75	0	0	0	0	3	0	0	1	12	14	0	0	0	4	9	1	1	1	1	1
	1.1	1.5	1.5	1.7	22.4	0.1	0.1	2.5	15.6	15.6	0.1	0.9	1.9	3.7	9.1	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6

（※それぞれのセルの上段は 2 秒以上継続の検出件数、下段は最大継続時間（秒）、赤枠は 2 秒以上継続の姿勢崩れがあった部分、橙ハッチは 4 車種どれかでも 2 秒以上継続の姿勢崩れがあった部分）

表 2-22 異常データ突っ伏し正検出件数 (pitch-15° 以下)

pitch ≦ -15° 突っ伏しz/x閾値	乗用車		トラック		路線バス	
	-200	-150	-200	-150	-200	-150
-180	1	2	1	1	15	19
	12.8	12.8	14.2	14.8	16.6	16.8
-140	3	4	1	1	15	19
	20.2	22.0	14.6	15.2	17.2	19.0
-100	4	6	1	1	15	19
	20.4	24.8	14.8	15.4	17.2	19.0

pitch ≦ -15° 突っ伏しz/x閾値	乗用車		トラック		路線バス	
	-200	-150	-200	-150	-200	-150
-180	25(60.8)	23(246.0) 25(60.8)	04(39.4)	04(39.4)	14(1.8) 18(15.2) 34(4.8)他11件 41(108.0)	14(1.8) 18(15.2) 34(0.0)他15件 41(107.8)
-140	23(183.8) 25(60.8) 38(162.0)	23(183.8)他1件 25(60.8) 38(160.0)	04(39.0)	04(39.0)	14(1.8) 18(15.0) 34(4.8)他10件 41(100.0)他1件	14(1.8) 18(14.8) 34(0.0)他14件 41(100.0)他1件
-100	21(275.0) 23(183.6) 25(60.8) 38(162.0)	21(274.4) 23(181.0)他1件 25(29.6)他1件 38(160.0)	04(38.8)	04(38.8)	14(1.8) 18(15.0) 34(4.8)他10件 41(100.0)他1件	14(1.8) 18(14.6) 34(0.0)他14件 41(100.0)他1件

(※上側の表において、それぞれのセルの上段は2秒以上継続の検出件数、下段は最大継続時間(秒)、  
下側の表のセル内の数字は、異常データの識別番号(左2桁)と2秒以上継続し閾値抵触した時刻(括弧内の小数点含む数値)を示す。)

突っ伏しの新閾値は x 前後-150mm 以下、z 縦-100mm 以下、ピッチ-15°以下となった（参考までに、参考値は x 前後-200mm 以下、z 縦-180mm 以下、ピッチ-30°以下である。）。

表 2-20 に示す走行中の正常データの閾値検討の範囲では、2 秒以上継続の姿勢崩れの検出が 0 件となるように新閾値を導き出した。表 2-20 における乗用車の 1 件（赤枠部）で 2 秒以上継続の姿勢崩れが検出されているが、その部分の映像を確認すると、走行中から停止間際にかけてセンターモニター部を見ながら 2.3 秒間前傾になっていた。低速域を含む走行中を示す表 2-21 では全車種で検出件数（赤枠部）があったが、高速バスの 1 件（赤枠部）について映像を確認すると、信号待ちによる停車中に足元を見ながら約 2.5 秒手を足元でごそごそするという姿勢崩れであり、この部分は除外するため橙ハッチとしていない。

ここで、閾値ピッチ-15°の表 2-20 においては、全車種すべてで 2 秒以上継続の検出件数及び 2 秒未満の検出件数が 0 件となる閾値は、x 前後-150mm 以下、z 縦-100mm 以下だけとなっている。表 2-21 における高速バスの 1 件（赤枠部）は、上記のと通りの姿勢崩れであることから、突っ伏しの新閾値は、x 前後-150mm 以下・z 縦-100mm 以下・ピッチ-15°以下よりも、基準フレームの姿勢に近い（より姿勢崩れの小さい）閾値から選択しなかった。

そのほか、突っ伏しの例と異なり、2 秒以上継続の検出件数及び 2 秒未満の検出件数が共に 0 件となる閾値を選択できない姿勢崩れもあり、その場合は走行中での検出件数と、異常データの正検出の状況を確認しながら、新閾値を導き出すこととした。

次に、異常データの閾値検討の範囲を表 2-22 に示す。表 2-22 の上側の表では、各閾値の上段は 2 秒以上継続の正検出の件数で、下段はその最大継続時間（秒）を示す。また、下側の表では、各セルは、異常データの識別番号（左 2 桁）と、2 秒以上継続し閾値抵触した時刻（括弧内の小数点含む数値）で、青字は衝突前 2.0 秒以上前からの正検出のもの又は解析区間に衝突を含まないものを示す。例えば、乗用車欄の x 前後-200mm 以下・z 縦-180mm 以下の「25 (60.8)」は、異常データ識別番号 25 (25-H-TA) で、解析開始から 60.8 秒でこの閾値に抵触し始めたことを示し、青文字であることからこの異常データでは衝突前 2.0 秒以上前からのこの閾値に抵触し始めたものである。なお、「他○件」の記載は、その識別番号で他に○件の正検出があったことを示す。

表 2-22 からは、乗用車においては z 縦-180mm 以下から-100mm 以下へ閾値を変更することで、x 前後-200mm 以下においては、z 縦-180mm 以下での検出数 1 件から-100mm 以下で 4 件と正検出件数が増加することが分かる。異常ドライバーの事例映像を確認すると、乗用車では、後傾したシート形状や着座姿勢から姿勢変化量が小さく留まる事例が路線バスやトラックと比較して多かったため、閾値を変更することで異常を正検出できる事例が増加する傾向である。対して、路線バスでは、前傾したシート形状や着座姿勢から、閾値を大きく超える姿勢崩れが多かったため、閾値を変更しても新たな異常を正検出する事例は増えない傾向である。ただし、参考値より

検出時刻が早まり早期検出が可能になるケースがあり、表 2-22 では最大で 8.0 秒早期化する事例あった。

以上の検討を経て改めて、基本設計書に記載した基本的考え方と新閾値、ならびに付帯条件を記す。

#### (1) 閾値の基本的考え方について

正常ドライバー並びに異常ドライバーの映像情報等を調査検討し、新閾値を導き出した。

正常ドライバーに対して異常と誤った判定をしないこと、及び異常ドライバーに対して異常と正しい判定をすることを論理的に個別に精査分析した結果に基づいて、正常ドライバーを異常と判定しない閾値で、かつ、ドライバー異常の正検出率が高くなるような閾値である相反する 2 つの事象を、配慮事項等を付加し満たす必要がある。上記、閾値の基本的考え方に際して重要な事項を以下に付記する。

- ①異常ドライバーは見逃さないことが基本であるが、現時点では全ての異常ドライバーを検出することは、技術的判別が難しいため異常ドライバーを極力正検出させる。
- ②正常ドライバーの運転に必要な行動時には、正常ドライバーを極力誤検出させない。
- ③7つの姿勢崩れパターン間で閾値が重複する場合は、全体の正検出率を高めつつ誤検出率を減らすように、各パターンの閾値を調整した。  
例えば、複数閾値の突っ伏しと、単一閾値のうつむきのピッチ角度の関係が挙げられるが、うつむきより突っ伏しの角度を小さくする\*ことにより、より正検出率を高めた。
- ④各姿勢崩れパターンの相互組み合わせによる累積時間で判定することは定めない。正検出の向上及び、誤検出の防止対応が可能な場合は、累積時間で判定することは妨げない。

※基準フレームの姿勢（図 2-13 における各軸の値が 0 m、0°（姿勢崩れがまったくない状態）に近い（より姿勢崩れの小さい）方向にする。

なお、以上は現在の技術水準や限られたデータ等をもとに導出した考え方であり、将来の技術発展やセンサー等の多様化・発展、また、異常時のドライバー挙動・状態等のデータ収集・集積等、分析解析により、その検知項目・方法、その判定閾値等は見直されることを前提としている。

(2) 各姿勢崩れパターンの新閾値

新閾値は赤文字で、参考値は黒文字で、表 2-23 に示す。

表 2-23 各姿勢崩れパターンの閾値（新閾値と参考値）

姿勢崩れパターン	閾値イメージ	閾値※						継続時間	姿勢崩れパターン	閾値イメージ	閾値※						継続時間
		x (前後)	y (横)	z (縦)	ヨー	ピッチ	ロール				x (前後)	y (横)	z (縦)	ヨー	ピッチ	ロール	
突っ伏し		-200 ↓ <b>-150 mm 以下</b>	-	-180 ↓ <b>-100 mm 以下</b>	-	-30 ↓ <b>-15° 以下</b>	-	2 秒以上の値を適切に設定	首のみ横倒れ		-	-	-	-	-30 ↓ <b>-20° 以下</b>	2 秒以上の値を適切に設定	
うつむき		-	-	-	-	-20 ↓ <b>-20° 以下</b>	-		首のみ横倒れ		-	-	-	-	+30 ↓ <b>+20° 以上</b>		
仰け反り		+100 ↓ <b>+50 mm 以上</b>	-	-	-	+20 ↓ <b>+15° 以上</b>	-		横倒れ		-	+200 ↓ <b>+150 mm 以上</b>	-	-	-15 ↓ <b>-15° 以下</b>		
えび反り		-	-	-	-	+25 ↓ <b>+20° 以上</b>	-		横倒れ		-	-200 ↓ <b>-150 mm 以下</b>	-	-	+15 ↓ <b>+15° 以上</b>		
								横もたれ		-	+300 ↓ <b>+250 mm 以上</b>	-	-	-			
								横もたれ		-	-300 ↓ <b>-250 mm 以下</b>	-	-	-			

—：値を規定せず（任意の値をとり得る）

(3) 付帯条件について

平成 30 年 3 月に策定したドライバー異常自動検知システム基本設計書に対し、付帯条件を策定した。これは正常ドライバーの検討で、停止間際や停止時にうつむき等の姿勢崩れと検出される例が多かったこと等から付帯条件を考慮する必要があった。表 2-23 に示す※表記の付帯条件について記す。

- ①停止間際の低速域は、正常ドライバーと異常ドライバーにおいて類似する挙動・行動が発生するので、車両信号等の補助的な情報と組み合わせる等、通常運転の妨げにならないよう誤検出による報知に配慮しなければならない。

(例示)

停止間際の低速域はうつむき等の姿勢崩れパターンに類似する確認行動が発生し、正常ドライバーを異常と誤検出するケースがある。

- ②停止時も、ドライバー異常検出は継続すること。ただし、ドライバーに対する報知は、車両信号等の補助的な情報と組み合わせる等、誤検出による報知をしないように配慮することができる。

(例示)

停止時に異常ドライバーが姿勢崩れのまま発進するケースがある。

- ③継続時間について、停止間際の低速域、停止時、発進直後の低速域は、車両信号の補助的な情報等と組み合わせて判定する場合、2秒未満の値の設定は妨げない。
- なお、表 2-15 及び表 2-16 に示す異常ドライバーの特徴的な挙動の補完情報を組み合わせることにより判定する場合は2秒未満の値の設定を妨げない。
- ④各閾値に関しては各システムが持つ誤差等を加味して設計すること。
- ⑤正常データの姿勢範囲（表 2-18）に示す正常ドライバーの取り得る姿勢範囲を考慮して、誤検出等をしないよう設計すること。

### 2.3.2.6.3 異常データから作成した3次元可視化モデルによる確認

異常データから作成した3次元可視化モデルの作成の目的は、次の2点である。

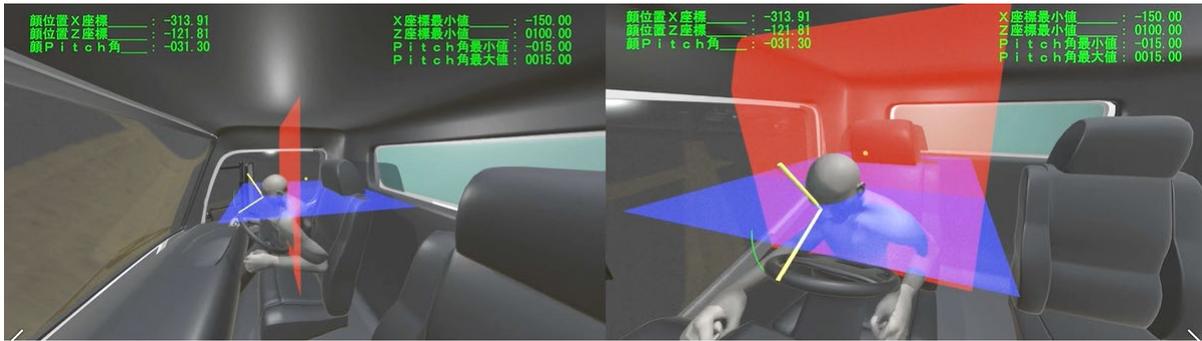
- (1) 実事例映像から姿勢崩れの時系列変化を数値化したデータ（異常データ）が数字の羅列であることから、得られた異常データが実事例映像に近似しているか否かを目視で確認し、解離が見つかった場合に異常データの数値を手動補正し、異常データにおけるドライバーの挙動をより実事例映像に近づけるため。
- (2) 異常データにおけるドライバー挙動について新閾値に抵触するシーンを目視により、新閾値が確からしいことをするため。

実際の作業として、以下の要領で行った。

異常データから作成した3次元可視化モデルを利用し、新閾値に抵触するシーンについて、x前後、y横、z縦の新閾値を平面で表し、ピッチ、ロールを角度分の弧で表すことにより、3次元可視化モデルで異常ドライバーの挙動を再現することで、それらの面に接した際の顔の位置・角度のほかに上体の状況を確認した。

3次元可視化モデルによる確認においては、実事例映像のカメラ設置位置では判別が付きにくかったドライバー挙動について、実事例映像とは異なる設置位置の2方向あるいはそれ以上の方向から、新閾値における異常ドライバーの挙動を確認した。

図 2-61 に、突っ伏し（04-H-TR）の新閾値による3次元可視化モデルによる確認例を示す。x前後、y横、z縦の新閾値を面で表し、ピッチ、ロールを角度分の弧で表すことにより、3次元可視化モデルで再現した異常ドライバーの挙動が新閾値に抵触するシーンを表している（新閾値：x-150mm以下、z-100mm以下、ピッチ-15°以下）。



識別番号 04-H-TR 突っ伏し新閾値 : x 前後-150mm 以下、z 縦-100mm 以下、ピッチ-15°以下

図 2-61 突っ伏しの新閾値における 3 次元可視化モデルによる確認

※他の異常ドライバーにおける確認は、資料編の資料 4 - 8 を参照。

### 2.3.2.6.4 新閾値による効果の確認

新閾値を異常データに適用すると、これまでの表 2-17 に示す参考値の正検出件数と比べて表 2-24 に示すとおり、正検出件数が増加したことがわかる。

いずれも継続時間は 2 秒以上の件数である。高速バスの異常データはないため、高速バスについては斜線としている。また、同じ異常データ内で複数件正検出したものはそれぞれ数えて件数に含めている。うつむきについては参考値と新閾値が同値のため件数の増加はない。

表 2-17 異常データにおける参考値での正検出件数（再掲）

車種	突っ伏し	うつむき	仰け反り	えび反り	首のみ 横倒れ右	首のみ 横倒れ左	横倒れ右	横倒れ左	横もたれ右	横もたれ左
高速バス										
路線バス	10	30	0	2	3	1	2	1	1	1
トラック	1	2	1	1	0	3	1	1	0	1
乗用車	1	27	5	5	0	7	2	7	0	6
計	12	59	6	8	3	11	5	9	1	8

表 2-24 異常データにおける新閾値での正検出件数

車種	突っ伏し	うつむき	仰け反り	えび反り	首のみ 横倒れ右	首のみ 横倒れ左	横倒れ右	横倒れ左	横もたれ右	横もたれ左
高速バス										
路線バス	19	30	2	3	5	1	4	1	2	1
トラック	1	2	1	1	1	4	1	1	1	1
乗用車	6	27	6	6	7	12	1	8	0	8
計	26	59	9	10	13	17	6	10	3	10

次に、これまでの参考値から新閾値へ変更したことにより異常データにおける正検出が増加、又は正検出が早期化した件数を車種と姿勢崩れごとに集計した結果を表 2-25 示す。

うつむきについては、参考値と新閾値が同じため、いずれの車種も 0 件であるが、それ以外の 6 つの姿勢崩れについては、タクシー（乗用車）、バス（路線バス）、トラ

ックともに新閾値へ改訂したことにより、正検出数の増加又は正検出時刻の早期化のいずれかの効果が得られることがわかる。

なお、18人の異常データの中で、13人の異常データ（タクシー10人、トラック1人、路線バス2人）において、参考値では正検出しない姿勢崩れを正検出可能（検出数の増加）となり、5人の異常データ（タクシー2人、路線バス3人）でより早期に姿勢崩れを正検出可能となった。

表 2-25 異常データ正検出数の増加又は正検出時刻が早期化した正検出件数

	突っ伏し	うつむき	仰け反り	えび反り	首のみ横倒れ右	首のみ横倒れ左	横倒れ右	横倒れ左	横もたれ右	横もたれ左
乗用車	4	0	6	5	5	6	1	3	0	5
トラック	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1
バス	4	0	2	3	4	1	3	0	2	1

### 2.3.2.7 ドライバー異常自動検知システムの今後の可能性と期待について

本調査結果は、正常ドライバーの運転行動映像データについては、一般ドライバーのもの、及び自動車運送事業者の協力を得て高速バス・路線バス・トラックの職業ドライバーによる通常運行のものである。それぞれ得られた31人の正常データ及び18人の異常データの解析結果であり、今後のドライバー異常自動検知システムの技術発展を勘案すると、本格的な調査が開始されたばかりと思われる。

今後、正常ドライバーの運転行動映像データ及び異常が発生したドライバーの実事例映像をさらに収集し、顔の位置・角度、腕等を含めた上半身の姿勢、ドライバーの特徴的な挙動等のデータを蓄積・再解析することにより、より精度の高い閾値へ更新されること、及び新たな姿勢崩れパターンの設定や姿勢崩れパターンの検出手法が発見されることが期待される。

#### 【謝辞】

第6期ASV推進検討会における各姿勢崩れパターンの閾値検討では、プロドライバーによる路線・高速バスの運転行動を計測させていただいたバス事業者1社様、近距離トラック長距離トラックの運転行動を計測させていただいたトラック事業者2社様、一般ドライバーによる乗用車の運転行動を計測頂いた関連事業者様、並びに国土交通省から関係団体を通して実事例映像を御提供いただいた関係者様、多大なる御協力をいただき誠にありがとうございました。

ASV推進検討会を代表しまして、ここに心より感謝申し上げます。