

二輪車における ISO 26262 に基づくハザード分析および リスクアセスメントの詳細検討

Detailed Study of Hazard Analysis and Risk Assessment of ISO 26262 for Motorcycles

長谷川 信 *1 金子 貴信 *1
Makoto HASEGAWA Takanobu KANEKO

Abstract

ISO 26262, an international functional safety standard of electrical and/or electronic systems for motor vehicles, was published in November 2011, and it is expected that motorcycles will be included in its scope in the next revision scheduled in 2018. To determine the Motorcycle Safety Integrity Level (MSIL) properly, it is necessary to precisely estimate three factors: Exposure, Controllability and Severity. It is important to apply motorcycle specific knowledge and estimation methods in order to precisely estimate these factors and it may not be appropriate to apply studies done for motor vehicles to motorcycles. In this study we executed Hazard Analysis and Risk Assessment and estimated precise Exposure, Controllability and Severity based on the knowledge and methodology we have accumulated. The motivation of our work is to show precise Exposure, Controllability and Severity estimation with concrete rationales, and to contribute to the motorcycle industry's Functional Safety application.

1. はじめに

自動車の電気/電子システムの機能安全国際規格ISO 26262¹⁾は2011年に発行され、乗用車をその対象としているが、2018年に発行が予定されている第2版において二輪車も対象に含まれる見通しである。2016年に発行された第2版のDraft International Standard (DIS)²⁾では、二輪車への適用方法を記述した、Part 12が新たに追加されている。

本研究の目的は、二輪車に対しISO/DIS 26262に基づき詳細なハザード分析およびリスクアセスメント(Hazard Analysis and Risk Assessment: HARA)を行ない、エクスポージャ、コントローラビリティ、シビアリティの精緻な導出方法の事例を示すことである。乗用車のAutomotive Safety Integrity Level (ASIL)導出に関する研究発表事例はある程度存在しているが、二輪車のMotorcycle Safety Integrity Level (MSIL)導出に関するものはほとんどみられない。そのため本研

究は二輪車の機能安全適用の参考例として二輪車業界に役立つと考えられる。

われわれは過去の研究において、乗用車とは異なると想定される二輪車のエクスポージャ調査³⁾、二輪車用のコントローラビリティ推定および評価方法^{4)~6)}、事故データ分析に基づくシビアリティの推定方法の研究^{7),8)}を行ってきた。

本研究ではこれらの研究成果を用いて詳細なHARAを実施した。具体的には二輪車の走る、止まるに関わる代表的なシステムであるAnti-lock Brake System (ABS)、Combined Brake System (CBS)およびThrottle-By-Wire (TBW)システムに対し詳細なHARAを実施し、その結果を示す。

2. 二輪車用の機能安全規格

自動車の機能安全国際規格ISO 26262:2011¹⁾は、乗用車の電気/電子システムに適用することを意図している。次期改定では二輪車もそのスコープに含まれることが想定されているが、二輪車には

*1 一般財団法人日本自動車研究所 ITS研究部

*本速報はJSAE著作権規則に基づくJSAE20179083を日本語に訳して掲載する。

乗用車とは異なる領域があり、既存のISO 26262をそのまま適用することは困難があると考えられる。考慮されるべき領域として、ひとつはASILによって規定される安全方策の手厚さのレベルがあり、もうひとつはHARA実施のためのエクスポージャ、コントローラビリティ、シビアリティ各クラスの推定方法がある。そのためISO/PAS 19695⁹⁾が二輪車への機能安全適用のために策定され、ISO/DIS 26262²⁾ Part 12に引き継がれた。

2.1 ハザード分析およびリスクアセスメント

HARAとは電気／電子システム失陥時におこる危険事象を識別および分類し、安全目標とASILを導出する、ISO 26262に規定されている手法である。二輪車に用いられるMSILは、エクスポージャ、コントローラビリティ、シビアリティを見積もることによって導出されるISO 26262のリスク低減要件を指定するレベルであり、安全方策を定めるASILに変換されてその後の開発が進められる。

- ・エクスポージャ：故障と組み合わせると危険な運用状況になる確率
- ・コントローラビリティ：特定された危害を当事者が回避する能力
- ・シビアリティ：危険な状況における潜在的な交通参加者への危害の程度の指標

これらMSILの要素であるエクスポージャ、コントローラビリティ、シビアリティはそのクラス推定結果という観点において、車両特性や運用状況から乗用車と二輪車では大きく異なり、また評価方法も乗用車と同じ手法を使うことは必ずしも適切ではないと考えられる。そのため、われわれは過去の研究^{4)~8)}において評価方法を検討した。その結果を次に示す。

2.1.1 コントローラビリティクラスの推定方法

四輪車のコントローラビリティクラスを推定する方法について、ISO 26262-3:2011¹⁾のAnnex B、および表 B.4 ではテストによる検証を示唆しているため、一般ドライバを実験参加者とした実車実験が実施され、ハザードによる危害を回避できた割合により推定する方法がこれまで検討されてきた。二輪車の車両挙動や運転操作は仮に同じ

走行環境であっても乗用車とは大きく異なるため、二輪車のコントローラビリティクラスは適切に推定される必要がある。そのため、エキスパートライダは一般ライダより安定的かつ安全に車両を評価できることから、エキスパートライダによる評価は有用だと考えられる。したがって、エキスパートライダの主観評価によってコントローラビリティクラスを推定することが現実的であると考えられている。一方で、エキスパートライダの主観評価によってコントローラビリティクラスを推定する手法を用いるには、その妥当性の根拠を示すことが必要である。そのため我々は過去の研究においてエキスパートライダによる主観評価の実施方法の構築、およびコントローラビリティクラス推定を行った^{4)~6)}。

2.1.2 シビアリティクラスの推定方法

二輪車は四輪車と車両重量、車体構造、乗員保護具などが異なり、また四輪車の乗員と違い衝突事故時に二輪車の乗員が車両から離脱するため、乗員の傷害形態が多様である。それゆえ、ISO 26262-3:2011¹⁾のAnnex B.2.2において推奨されるような、事故形態と有効衝突速度から個別の事故ケースのAIS (Abbreviated Injury Scale：略式傷害尺度)値を推定するのは容易ではない。乗用車の乗員の傷害度のレーティングにおいては、事故形態に応じた様々な試験方法が確立されており、十分な試験データおよび事故データが入手可能である。一方で二輪車の乗員保護性能の評価のための衝突試験方法は、今後開発されるべきものである。そのため、試験データが十分でないことから、二輪車のシビアリティクラス推定手法は事故データを中心に開発される必要がある。我々の過去の研究において、日本国内の全国的な事故統計データ（マクロデータ）を主に用いたシビアリティクラス評価手法を構築した。そして最終的にTable 1にあるような衝突速度および事故形態に基づくシビアリティクラステーブルを作成した^{7),8)}。

Table 1 Severity table based on impact speed

| Type of accident | MC collision point | Car collision point | Class of severity | | | | |
|--|--|---------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | | S0 | S1 | S2 | S3 | |
| vs. pedestrian ¹⁾ | front | - | TBD | ≤10 | ≤40 | >40 | |
| vs. bicycle ¹⁾ | front | - | TBD | ≤20 | ≤60 | >60 | |
| vs. car | head-on collision ³⁾ | front | front | TBD | ≤20 | ≤90 | >90 |
| | | front | rear | TBD | ≤20 | ≤80 | >80 |
| | | rear | front | TBD | ≤50 | ≤90 | >90 |
| | crossing collision ³⁾ | front | front | TBD | ≤20 | ≤60 | >60 |
| | | front | side | TBD | ≤30 | ≤60 | >60 |
| | | side | front | TBD | ≤10 | ≤60 | >60 |
| | collision while turning left ¹⁾ | front | side | TBD | ≤30 | ≤60 | >60 |
| | | side | side | TBD | ≤30 | ≤50 | >50 |
| | collision while turning right ³⁾ | front | front | TBD | ≤30 | ≤70 | >70 |
| | | front | side | TBD | ≤30 | ≤70 | >70 |
| side | | front | TBD | ≤20 | ≤80 | >80 | |
| collision while overtaking ¹⁾ | side | side | TBD | ≤10 | ≤60 | >60 | |
| single vehicle ¹⁾ | collision into roadside structure/parked vehicle | front | - | ≤20 | - | ≤50 | >50 |
| | falling | side | - | ≤10 | ≤30 | ≤60 | >60 |

1) Impact speed of motorcycle, 2) Impact speed of car, 3) Relative impact speed

3. 二輪車の詳細 HARA の実施

前述のクラス推定手法および ISO/DIS 26262:2016²⁾の Part 12 にしたがって以下の詳細な HARA を実施した。実施対象アイテムは ABS/CBS システムおよび TBW システムとし、エクスポージャ、コントローラビリティ、シビアリティの推定をさらに精緻に行なった。

3.1 ABS/CBS の HARA

3.1.1 ABS/CBS のアイテム定義

ABS および CBS のアイテム定義を示す。

1) 対象システム

対象の ABS システム、および CBS システムを Fig. 1 に示す。

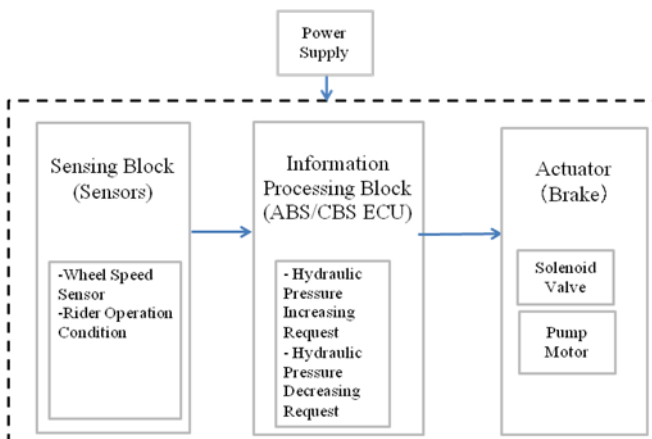


Fig. 1 Functional block diagram of target ABS/CBS system

2) アイテムの機能

運転者の操作および車両の状態を検出し、それに応じたブレーキ圧を発生するように、各種デバイスを制御する。

3.1.2 代表的な危険事象の同定および MSIL 導出

ABS/CBS で起こりうる代表的な危険事象を検討した。主要なハザードは以下の 1) - 8) に大別できる。本検討では ABS/CBS が作動している、もしくは ABS/CBS 失陥の影響が大きいシチュエーションを代表例として選定した。MSIL 導出の結果を Table 2 に示す。

Table 2 Examples of ABS/CBS HARA

| Hazard | Item | Scenario | Vehicle speed / required deceleration |
|---|------|--|---|
| | | | Rep. MSIL |
| 1. Loss of front braking force | ABS | Unintended loss of front braking force during urban road travelling and colliding to preceding vehicle stopping at traffic light | 60 km/h, 2.84 m/s ² |
| | | | QM (E2, C2, S2) |
| 2. Loss of rear braking force | ABS | Unintended loss of rear braking force during highway travelling and colliding to preceding vehicle decelerating with traffic congestion | 120 km/h, 1.96 m/s ² |
| | | | No MSIL (QM) (E1, C0, S3) |
| 3. Loss of braking force of both wheels | ABS | Unintended loss of braking force of both wheel during urban road travelling and colliding to preceding vehicle stopping at traffic light | 85 km/h, 1.47 m/s ² |
| | | | MSIL D (E4, C3, S3) |
| 4. Loss of front ABS function | ABS | Unintended front wheel lock with the hard braking during highway travelling and falling down | 120 km/h, 1.96 m/s ² |
| | | | MSIL A (E1, C3, S3) |
| 5. Loss of rear ABS function | ABS | Unintended rear wheel lock with the hard braking during urban road travelling and falling down | 60 km/h, 2.94 m/s ² |
| | | | QM (E1, C1, S2) |
| 6. Loss of ABS function of both wheels | ABS | Unintended wheel lock of both wheels with the hard braking during highway travelling and falling down | 120 km/h, 1.96 m/s ² |
| | | | MSIL A (E1, C3, S3) |
| 7. Unintended generation of braking force | CBS | Unintended high deceleration generation of both wheels during highway travelling and falling down | 120 km/h, 7.3 m/s ² (generated acceleration) |
| | | | MSIL D (E4, C3, S3) |
| 8. Loss of CBS function | CBS | Unintended reduced deceleration during urban travelling and colliding to preceding vehicle stopping at traffic light | 60 km/h, 1.57 m/s ² |
| | | | No MSIL (QM) (E4, C0, S2) |

* Note 1: In case at least one of the factors is estimated as class 0 (zero), no MSIL is assigned to the corresponding hazardous event.

* Note 2: Above results are representative examples in a variety of numerous scenarios examined.

3.1.3 エクスポージャ、コントローラビリティ、シビアリティの精緻な推定

Table 2 の各ハザードのエクスポージャ(E), コントローラビリティ(C), シビアリティ(S)を以下に説明する.

1) 意図しない前輪制動力の喪失

E: 想定した必要減速度は 2.84 m/s^2 である. 文献調査¹⁰⁾より, ある地域で計測した ABS 作動時の平均減速度の最大値は 2.55 m/s^2 という統計データがあり, 比較的シビアな条件であることから急制動とみなされる. 60 km/h 走行時の急制動のエクスポージャは E2 と推定される.

C: 我々が実施した, 4 人のエキスパートライダーによる主観評価では, 前方に停車車両がいる場合のフロントブレーキ失陥時のリヤ単独制動において, 2.5 m/s^2 - 3.2 m/s^2 の減速度を発生させる場合のコントローラビリティは C2 であった. したがって, 2.84 m/s^2 の減速度を発生させるコントローラビリティは C2 と推定される.

S: 想定した必要減速度 2.84 m/s^2 で実際に停止するのに必要な停止距離は 48.9 m である. フロントの制動力を喪失しているため 2.84 m/s^2 の 40% の制動力のみ発生可能であり, その場合 46.5 km/h で前方車両に衝突するためシビアリティは Table 1 より S2 と推定される.

2) 意図しない後輪制動力の喪失

E: 想定した必要減速度は 1.96 m/s^2 である. 文献調査より, 高速道路での 1.96 m/s^2 以上の減速度の発生頻度は 0.05% という結果があり¹¹⁾, エクスポージャは E1 と推定される.

C: 我々が実施した, 15 人の一般ライダーによる試験評価では, フロント単独制動において 5.0 m/s^2 の減速度を発生させるテストを全員が成功している. また, 4 人のエキスパートライダーの主観評価でも同様の結果となっている. このことより 1.96 m/s^2 の減速度を発生させるコントローラビリティは C0 と推定される.

S: 想定した必要減速度 1.96 m/s^2 で車間時間 1 s の場合, フロントの制動力のみで制動するため 1.96 m/s^2 の 60% の制動力のみ発生可能であり, その場合 81 km/h で前方車両に衝突す

るためシビアリティは Table 1 より S3 と推定される.

3) 意図しない両輪制動力の喪失

E: 想定した必要減速度は 1.47 m/s^2 である. 85 km/h 走行時の減速度の分布から, エクスポージャは E4 と推定される.

C: 両輪の制動力が失われている状態では, ライダの操作により危害を回避することは困難とエキスパート判断される. この場合のコントローラビリティは C3 と推定される.

S: 減速度は発生せず, 85 km/h で前方車両に衝突する. この場合のシビアリティは Table 1 より S3 と推定される.

4) 意図しない前輪 ABS 機能の喪失

E: 乗用車の ABS 作動頻度は SAE J2980¹²⁾にて E1 と推定されており, 二輪車の ABS 作動頻度は同等もしくはそれ以下と考えられる. 120 km/h 走行時に ABS が作動するシチュエーションのエクスポージャは E1 と推定される.

C: 120 km/h 走行でフロントホイールロックが発生した場合, 一般ライダーでは車体姿勢の維持は困難であり, 転倒にいたるとエキスパート判断される. この場合のコントローラビリティは C3 と推定される.

S: 120 km/h 走行で転倒した場合, シビアリティは Table 1 より S3 と推定される.

5) 意図しない後輪 ABS 機能の喪失

E: 乗用車の ABS 作動頻度は SAE J2980¹²⁾にて E1 と推定されており, 二輪車の ABS 作動頻度は同等もしくはそれ以下と考えられる. 60 km/h 走行時に ABS が作動するシチュエーションのエクスポージャは E1 と推定される.

C: 60 km/h 走行でリヤホイールロックが発生した場合, 一般ライダーでも車体姿勢の維持はある程度可能とエキスパート判断される. また, 日本においては免許取得の際のトレーニングにおいてこのようなシチュエーションを経験する. この場合のコントローラビリティは C1 と推定される.

S: 60 km/h 走行で転倒した場合, シビアリティは Table 1 より S2 と推定される.

6) 意図しない両輪 ABS 機能の喪失

E: 乗用車の ABS 作動頻度は SAE J2980¹²⁾にて E1 と推定されており, 二輪車の ABS 作動頻度は同等もしくはそれ以下と考えられる. 120 km/h 走行時に ABS が作動するシチュエーションのエクスポージャは E1 と推定される.

C: 120 km/h 走行でフロントおよびリヤホイールロックが発生した場合, 一般ライダーでは車体姿勢の維持は困難であり, 転倒にいたるとエキスパート判断される. この場合のコントローラビリティは C3 と推定される.

S: 120 km/h 走行で転倒した場合, シビアリティは Table 1 より S3 と推定される.

7) 意図しない制動力の発生

E: 文献調査¹³⁾より, 高速道路の使用率は日本で 13%, 欧米では 20%を超えており, 120 km/h で走行するシチュエーションのエクスポージャは E4 と推定される.

C: 想定した発生減速度は 7.3 m/s^2 であり, これは UN R78¹⁴⁾で規定されている要求制動力の前後の値の合計値である. この値の意図しない減速度が発生した場合, 乗員は振り落とされて落車もしくはホイールロックが発生すると考えられ, 転倒にいたるとエキスパート判断される. この場合のコントローラビリティは C3 と推定される.

S: 120 km/h 走行で転倒した場合, シビアリティは Table 1 より S3 と推定される.

8) 意図しない CBS 機能の喪失

E: 想定した必要減速度は 1.57 m/s^2 であり, これは通常制動で発生すると考えられる減速度である. 減速度の分布から, 60 km/h 走行時に 1.57 m/s^2 の減速度が必要となるシチュエーションのエクスポージャは E4 と推定される.

C: 我々が実施した, 15 人の一般ライダーによる試験評価では, フロントのみで 5.0 m/s^2 , リヤのみで 1.57 m/s^2 の制動力を参加者全員が発生することができている. このことより 1.57 m/s^2 の減速度を発生させる場合のコントローラビリティは C0 と推定される.

S: 想定した減速度 1.57 m/s^2 で実際に停止するの

に必要な停止距離は 88.6 m である. フロントもしくはリヤいずれかの制動力のみ利用可能な場合, 1.57 m/s^2 の 60%もしくは 40%の制動力のみ発生可能であり, その場合 38 km/h もしくは 46.5 km/h で前方車両に衝突するためシビアリティは Table 1 より S2 と推定される.

3.2 TBW の HARA

3.2.1 TBW のアイテム定義

TBW のアイテム定義を示す.

1) 対象システム

対象の TBW システムを Fig. 2 に示す.

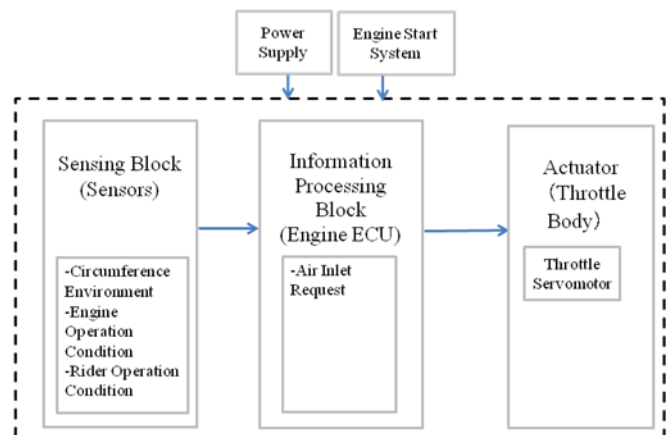


Fig. 2 Functional block diagram of target TBW system

2) アイテムの機能

運転者のアクセル操作に応じて, スロットルバルブを駆動することにより, ライダの意図に応じたエンジン出力の調整を行う.

3.2.2 代表的な危険事象の同定および MSIL 導出

TBW システムで起こりうる代表的な危険事象を検討した. 主要なハザードは以下 1)-1, 1)-2, 1)-3, 2)の 4 つに大別できる. 本検討では TBW 失陥の影響が大きいシチュエーションを代表例として選定した. MSIL 導出の結果を Table 3 に示す.

Table 3 Examples of TBW system HARA

| Hazard | Item | Scenario | Vehicle speed / generated acceleration |
|--|------|---|---|
| | | | Rep. MSIL |
| 1-1 Unintended acceleration | TBW | Unintended acceleration during urban travelling and colliding to preceding vehicle | 40 km/h, 3.92 m/s ² |
| | | | MSIL B (E3, C3, S2) |
| 1-2 Unintended acceleration II | TBW | Unintended acceleration during turning corner with urban travelling and colliding to oncoming vehicle | 30 km/h, 4.12 m/s ² |
| | | | MSIL C (E3, C3, S2) |
| 1-3 Unintended acceleration III | TBW | Unintended acceleration during highway travelling and colliding to preceding vehicle | 140 km/h, 2.5 m/s ² |
| | | | MSIL D (E4, C3, S3) |
| 2 Unintended deceleration | TBW | Unintended deceleration by engine stall during urban travelling and collided by following vehicle | 40 km/h, 0.98 m/s ² (generated deceleration) |
| | | | No MSIL (QM) (E4, C0, S2) |
| <p>* Note 1: In case at least one of the factors is estimated as class 0 (zero), no MSIL is assigned to the corresponding hazardous event. * Note 2: Above results are representative examples in a variety of numerous scenarios examined.</p> | | | |

3.2.3 エクスポージャ, コントローラビリティ, シビアリティの精緻な推定

Table 2 の各ハザードのエクスポージャ(E), コントローラビリティ(C), シビアリティ(S)を以下に説明する。

1)-1 意図しない加速 I

E: 我々が実地調査した結果³⁾では, 一般道路で追従走行をしている割合は 6.4%であり, 車間時間の 90%包含値の最小値は 0.52 s であった。また, 文献調査から総稼働時間中の一般道の走行割合は 77%と推定され¹⁰⁾, 40 km/h 走行時に 0.52 s で追従走行するシチュエーションのエクスポージャは E3 と推定される。

C: 想定した発生加速度は 3.92 m/s² である。これは一般的なリッタークラスのスポーツタイプバイクのエンジン性能曲線および変速比より計算した, 失陥直後に瞬間的に発生しうる加速度の推定値である。我々が実施した 4 人のエキスパートライダーの主観評価では, 追従走行時の加速発生において, 3.0 m/s² 以上の加速度が発生する場合, 対応困難と評価された。この場合のコントローラビリティは C3 と推定される。

S: 想定した発生加速度 3.92 m/s² で車間時間 0.5 s

の場合, 1.7 s 後に 66 km/h で前方車両に衝突する。この場合のシビアリティは Table 1 より S2 と推定される。

1)-2 意図しない加速 II

E: 我々が調査した東京都内の代表的なバスルート 25 ルートの結果では, 横加速度が 1.1 m/s² 以上発生するカーブが存在する距離割り合いは 90%ile 値で 5%以下であった。また, 文献調査から総稼働時間中に一般道で定速走行している走行割合は 40%と推定され, 30 km/h でカーブを走行するシチュエーションのエクスポージャは E3 と推定される。

C: 想定した発生加速度は 4.12 m/s² である。これは一般的なリッタークラスのスポーツタイプバイクのエンジン性能曲線および変速比より計算した, 失陥直後に瞬間的に発生しうる加速度の推定値である。我々が実施した, 4 人のエキスパートライダーの主観評価では, 旋回走行時の加速発生において, 旋回半径によって 1.5 m/s² - 2.0 m/s² 以上の加速度が発生する場合, 車線維持が困難と評価された。この場合のコントローラビリティは C3 と推定される。

S: 想定した発生加速度 4.12 m/s² で 30 m 走行した場合自車の速度は 68 km/h である。反対車線を走行していると想定される対抗車が失陥前の自車速度と同じ 30 km/h で走行している場合, 相対速度 98 km/h で対抗車両に衝突するためシビアリティは Table 1 より S3 と推定される。

1)-3 意図しない加速 III

E: 我々が実地調査した結果では, 高速道路で追従走行をしている車両の車間時間の 90%包含値の最小値は 0.47 s であった。また, 文献調査から総稼働時間中の高速道路の走行割合は 23%と推定され, 140 km/h 走行時に 0.47 s で追従走行するシチュエーションの発生割合は E4 と推定される。

C: 車間時間 0.47 s の際に想定発生加速度 2.5 m/s² で加速すると, 一般的なブレーキ反応時間 0.7 s も考慮し 5.8 s 後に前方車両に衝突する。この場合回避は困難とエキスパート判断され, コントローラビリティは C3 と推定される。

S: 想定した発生加速度 2.5 m/s^2 で車間時間 0.47 s の場合、 5.8 s 後に 158 km/h で前方車両に衝突するためシビアリティは Table 1 より S3 と推定される。

4. まとめ

以下に本研究の要点をまとめる。

1) ISO 26262 は四輪車向けに制定された規格のため、二輪車への適用には MSIL を ASIL に変換する、コントローラビリティ、シビアリティの二輪車用の推定方法を許容するといった調節が必要である。そのための手法として ISO/DIS 26262 では Part 12 が二輪車への適用のために追加されている。

2) 二輪車の走る、止まるに関わる代表的なシステムである ABS/CBS と TBW について ISO/DIS 26262 に基づき、これまでの E, C, S 研究結果を活用した詳細な HARA を実施し、精緻な MSIL 導出例を示した。このような検討事例はほとんど公表されておらず、多くの開発者の参考となることが望まれる。

参考文献

- 1) ISO 26262:2011 "Road vehicles - Functional safety," (2011)
- 2) ISO/DIS 26262:2016 "Road vehicles - Functional safety," (2016)
- 3) Hasegawa, M. and Kaneko, T: Examination of Hazard Analysis and Risk Assessment and Exposure Research in the Real Traffic Situation of ISO 26262 for Motorcycles, SAE Technical Paper 2016-32-0058 (2016)
- 4) Kawakoshi, M. et al: Basic Characteristics of Motorcycle Riding Maneuvers of Expert Riders and Ordinary Riders, SAE Technical Paper 2014-32-0025 (2014)
- 5) Kawakoshi, M. et al: ISO 26262 Controllability Evaluation Technique by Expert Rider, SAE Technical Paper 2015-32-0746 (2015)
- 6) Kawakoshi, M. et al: Construction of an ISO 26262 C Class Evaluation Method for Motorcycles, SAE Technical Paper 2016-32-0059 (2016)
- 7) Arai, Y. et al: Research on Method for Classifying Injury Severity Using Motorcycle Accident Data for ISO 26262, SAE Technical Paper 2015-32-0714 (2015)
- 8) Arai, Y. et al: Research on Severity Class Evaluation Based on Various Crash Situations Involved with Motorcycles for ISO 26262, SAE Technical Paper 2016-32-0057 (2016)
- 9) ISO/PAS 19695:2105 "Motorcycles - Functional safety" (2015)
- 10) 愛知県プローブ情報活用 WG:
<https://www.pref.aichi.jp/uploaded/attachment/51052.pdf>
- 11) 嶋澤隆介ほか: 首都高速のジャンクション合流部における区画線改良による走行安全性の評価手法,
http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00039/201006_no41/pdf/111.pdf
- 12) SAE J2980 "Consideration for ISO 26262 ASIL Hazard Classification," (2015)
- 13) 「使える」ハイウェイ推進会議: 「使える」ハイウェイ政策の推進に向けて, (2005)
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/highway/report.pdf>
- 14) UN Vehicle Regulation No. 78 04 series of amendments, "Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories L1, L2, L3, L4 and L5 with regard to braking," (2017)