



University of Tsukuba
筑波大学

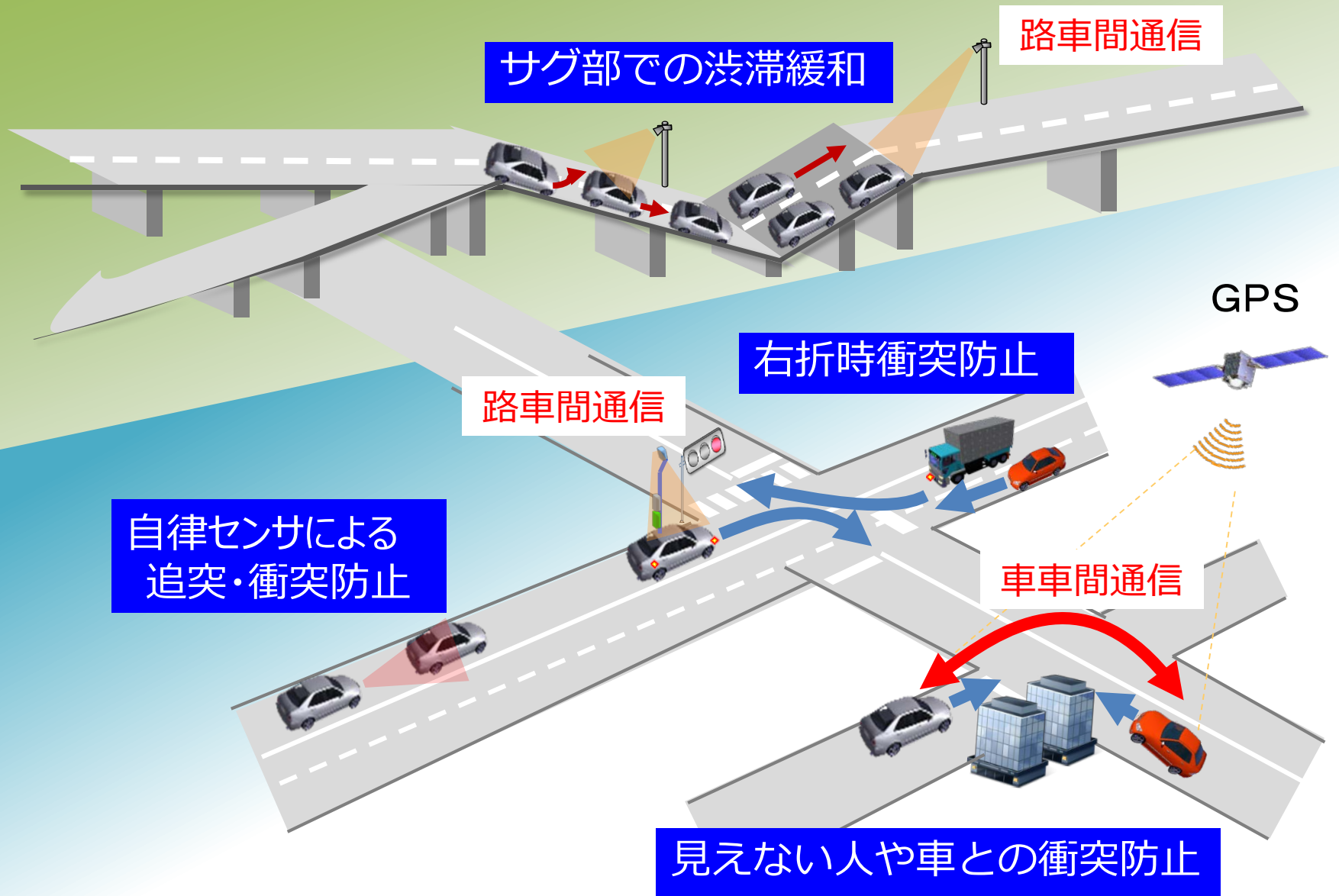
慶應義塾大学システムデザイン・マネジメント研究科
SDM特別講義
2017年1月13日

人の認知・判断の特性と限界を考慮した 自動走行システムと法制度の設計 一人に優しい自動運転の実現に向けて一

筑波大学副学長・理事
稲垣 敏之

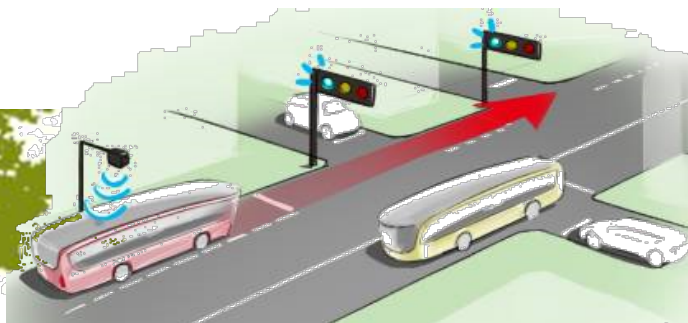
inagaki.toshiyuki.gb@u.tsukuba.ac.jp
<http://www.css.risk.tsukuba.ac.jp>

自動運転による交通事故・渋滞の軽減

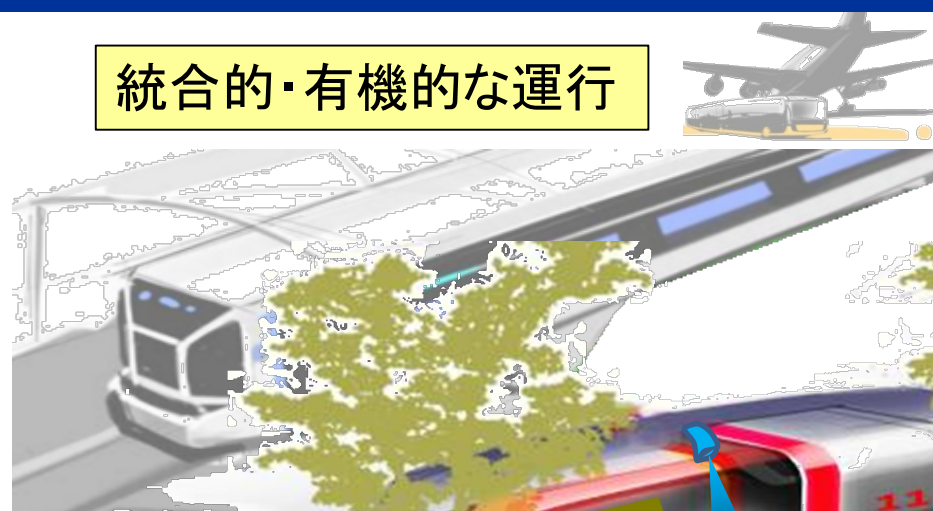


次世代公共交通システム

スムーズな加減速、乗客転倒防止



統合的・有機的な運行



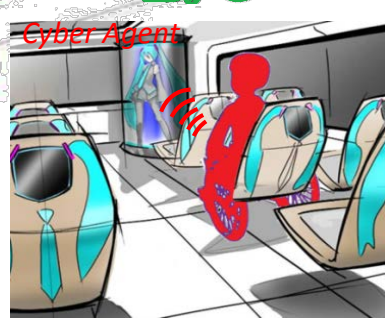
交通流整流、定時運行



事故低減
運転負荷軽減



乗降時間短縮
乗降安全性向上



SAE J3016 (2016年版)

SURFACE VEHICLE RECOMMENDED PRACTICE	J3016™	SEP2016
	Issued 2014-01 Revised 2016-09	
Superseding J3016 JAN2014		
(R) Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles		

SAE J3016 (2014年版)

SURFACE VEHICLE INFORMATION REPORT	J3016	JAN2014
	Issued 2014-01	
Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems		

DYNAMIC DRIVING TASK (DDT)

1. Lateral vehicle motion control via steering
2. Longitudinal vehicle motion control via acceleration and deceleration
3. Monitoring the driving environment via object and event **detection**, **recognition**, **classification**, and **response preparation**
4. Object and event **response execution**
5. Maneuver planning
6. Enhancing conspicuity via lighting, signaling and gesturing, etc.

(補) *OBJECT AND EVENT DETECTION AND RESPONSE (OEDR)*

The subtasks of the *DDT* that include **monitoring the driving environment** and **executing an appropriate response** to such objects and events

DDT FALLBACK

The response by the *user* or by an *ADS* to either perform the *DDT* or achieve a *minimal risk condition* after occurrence of a *DDT performance-relevant system failure(s)* or upon *ODD* exit.

MINIMAL RISK CONDITION

A condition to which a *user* or an *ADS* may bring a *vehicle* after performing the *DDT fallback* in order to reduce the risk of a crash when a given *trip* cannot or should not be completed.

OPERATIONAL DESIGN DOMAIN (ODD)

The specific conditions under which a given *driving automation system* or *feature* thereof is designed to function, including, but not limited to, *driving modes*.

DDT FALLBACK-READY USER

The *user* of a *vehicle* equipped with an engaged level 3 *ADS feature* who is able to *operate* the *vehicle* and **is receptive to** *ADS-issued requests to intervene* and to evident *DDT performance-relevant system failures* in the *vehicle* compelling him or her to perform the *DDT fallback*.

- **be receptive to** ～を「受容的」と訳す人がいるが、意味は通るのか？
 - －「介入要求に対して受容的」??
 - －「システム故障に対して受容的」??
- *DDT performance* by a level 3 *ADS* assumes that a *DDT fallback-ready user* is available to perform the *DDT* as required.
 - … このような仮定に基づいてシステムを構築してよいのか？

DRIVING AUTOMATION

The performance of part or all of the *DDT* on a *sustained* basis.

… この定義は適切か？

(1) DRIVING AUTOMATION SYSTEM or TECHNOLOGY

The hardware and software that are collectively capable of performing **part or all of the *DDT*** on a *sustained* basis; this term is used generically to describe any system capable of **level 1-5** *driving automation*.

(2) AUTOMATED DRIVING SYSTEM (ADS)

The hardware and software that are collectively capable of performing **the entire *DDT*** on a *sustained* basis, regardless of whether it is limited to a specific *operational design domain (ODD)*; this term is used specifically to describe a **level 3, 4, or 5** *driving automation system*.

- (1)と(2)を区別する必要性はあるのか？ あるいは、名称の選択は適切か？
- 自動運転には異なる形態があることを社会に周知しようとするうえで有害では？

LEVEL 1 - DRIVER ASSISTANCE

The sustained and ODD-specific execution by a *driving automation system* of either the lateral or the longitudinal vehicle motion control subtask of the DDT (but not both simultaneously) with the expectation that the driver performs the remainder of the DDT.

- ODD限定的ではあるが、DDTのサブタスクのうち横方向または縦方向の車両運動制御のいずれか一方のみをシステムが持続的に実行
- DDTのうち残りの部分は、ドライバーが担当してくれるものと期待

LEVEL 2 - PARTIAL DRIVING AUTOMATION

The *sustained* and *ODD-specific* execution by a *driving automation system* of both the *lateral and longitudinal vehicle motion control* subtasks of the *DDT* with the expectation that the *driver* completes the *OEDR* subtask and *supervises* the *driving automation system*.

- ODD限定的ではあるが、DDTのサブタスクのうち、横方向と縦方向の車両運動制御の両方をシステムが持続的に実行
- OEDRサブタスクを完了状態にすることと、システムをスーパーバイズ（監視＋必要に応じた介入）することはドライバーが行ってくれるものと期待

LEVEL 3 - CONDITIONAL DRIVING AUTOMATION

The *sustained* and *ODD-specific* performance by an *ADS* of the entire *DDT* with the expectation that the *DDT fallback-ready user* is *receptive* to *ADS-issued* requests to intervene, as well as to *DDT performance-relevant system failures* in other vehicle systems, and will respond appropriately.

- ODD限定的ではあるが、ADSが全てのDDTを持続的に実行
- ADSが介入要求を発したときや、他の車両システムにおいてDDT実行に関わるシステム故障が発生したときは、DDTフォールバック可能ユーザーがそれらに気づいて適切に対応してくれるものと期待

LEVEL 4 - HIGH DRIVING AUTOMATION

The *sustained* and *ODD-specific* performance by an *ADS* of the entire *DDT* and *DDT fallback*, without any expectation that a *user* will respond to a *request to intervene*.

- ODD限定的ではあるが、ADSが全てのDDTならびにDDTフォールバックを持続的に実行
- 介入要求を出したとき、ユーザーがそれに対応してくれるとは期待していない

LEVEL 5 - FULL DRIVING AUTOMATION

The *sustained* and unconditional (i.e., not *ODD*-specific) performance by an *ADS* of the entire *DDT* and *DDT fallback* without any expectation that a *user* will respond to a *request to intervene*.

- ODDに限定されることなく無条件に、ADSが全てのDDTおよびDDTフォールバックを持続的に実行
- ADSは、介入要求を出したときにユーザーがそれに対応することは期待していない

Roles of human driver and driving automation system

Level of Driving Automation	Role of User	Role of Driving Automation System
DRIVER PERFORMS THE DYNAMIC DRIVING TASK (DDT)		
Level 0 – No Driving Automation	Driver (at all times): <ul style="list-style-type: none"> ● Performs the entire <i>DDT</i> 	Driving Automation System (if any): <ul style="list-style-type: none"> ● Does not perform any part of the <i>DDT</i> on a <i>sustained</i> basis (although other <i>vehicle</i> systems may provide warnings or support, such as momentary emergency intervention)
Level 1 – Driver Assistance	Driver (at all times): <ul style="list-style-type: none"> ● Performs the remainder of the <i>DDT</i> not performed by the <i>driving automation system</i> ● <i>Supervises</i> the <i>driving automation system</i> and intervenes as necessary to maintain safe <i>operation</i> of the <i>vehicle</i> ● Determines whether/when engagement and disengagement of the <i>driving automation system</i> is appropriate ● Immediately performs the entire <i>DDT</i> whenever required or desired 	Driving Automation System (while engaged): <ul style="list-style-type: none"> ● Performs part of the <i>DDT</i> by executing either the <i>longitudinal</i> or the <i>lateral vehicle motion control</i> subtask ● Disengages immediately upon <i>driver</i> request

(SAE 2016)

Roles of human driver and driving automation system

Level of <i>Driving Automation</i>	Role of <i>User</i>	Role of <i>Driving Automation System</i>
DRIVER PERFORMS THE <i>DYNAMIC DRIVING TASK (DDT)</i>		
Level 2 – Partial Driving Automation	<i>Driver (at all times):</i> <ul style="list-style-type: none">● Performs the remainder of the <i>DDT</i> not performed by the <i>driving automation system</i>● Supervises the <i>driving automation system</i> and intervenes as necessary to maintain <i>safe operation of the vehicle</i>● Determines whether/when engagement and disengagement of the <i>driving automation system</i> is appropriate● Immediately performs the entire <i>DDT</i> whenever required or desired	<i>Driving Automation System (while engaged):</i> <ul style="list-style-type: none">● Performs part of the <i>DDT</i> by executing both the <i>lateral</i> and the <i>longitudinal vehicle motion control</i> subtasks● Disengages immediately upon <i>driver</i> request <p>(SAE 2016)</p>

Roles of human driver and driving automation system

Level of Driving Automation	Role of User	Role of Driving Automation System
AUTOMATED DRIVING SYSTEM (ADS) PERFORMS THE ENTIRE DYNAMIC DRIVING TASK (DDT)		
Level 3 – Conditional Driving Automation	<p>Driver (while the ADS is not engaged):</p> <ul style="list-style-type: none">● Verifies operational readiness of the <i>ADS-equipped vehicle</i>● Determines when engagement of <i>ADS</i> is appropriate● Becomes the <i>DDT fallback-ready user</i> when the <i>ADS</i> is engaged <p>DDT fallback-ready user (while the ADS is engaged):</p> <ul style="list-style-type: none">● Is <i>receptive to a request to intervene</i> and responds by performing <i>DDT fallback</i> in a timely manner● Is <i>receptive to DDT performance-relevant system failures in vehicle systems</i> and, upon occurrence, performs <i>DDT fallback</i> in a timely manner● Determines whether and how to achieve a <i>minimal risk condition</i>● Becomes the <i>driver</i> upon requesting disengagement of the <i>ADS</i>	<p>ADS (while not engaged):</p> <ul style="list-style-type: none">● Permits engagement only within its <i>ODD</i> <p>ADS (while engaged):</p> <ul style="list-style-type: none">● Performs the entire <i>DDT</i>● Determines whether <i>ODD</i> limits are about to be exceeded and, if so, issues a timely <i>request to intervene</i> to the <i>DDT fallback-ready user</i>● Determines whether there is a <i>DDT performance-relevant system failure</i> of the <i>ADS</i> and, if so, issues a timely <i>request to intervene</i> to the <i>DDT fallback-ready user</i>● Disengages an appropriate time after issuing a <i>request to intervene</i>● Disengages immediately upon <i>driver request</i>

Roles of human driver and driving automation system

Level of Driving Automation	Role of User	Role of Driving Automation System
AUTOMATED DRIVING SYSTEM (ADS) PERFORMS THE ENTIRE DYNAMIC DRIVING TASK (DDT)		
Level 4 – High Driving Automation	<p>Driver/dispatcher (while the ADS is not engaged):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Verifies operational readiness of the <i>ADS-equipped vehicle</i> ● Determines whether to engage the <i>ADS</i> ● Becomes a <i>passenger</i> when the <i>ADS</i> is engaged only if physically present in the <i>vehicle</i> <p>Passenger/dispatcher (while the ADS is engaged):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Need not perform the <i>DDT</i> or <i>DDT fallback</i> ● Need not determine whether and how to achieve a <i>minimal risk condition</i> ● May perform the <i>DDT fallback</i> following a <i>request to intervene</i> ● May request that the <i>ADS</i> disengage and <i>may achieve a minimal risk condition</i> after it is disengaged ● May become the <i>driver</i> after a requested disengagement 	<p>ADS (while not engaged):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Permits engagement only within its <i>ODD</i> <p>ADS (while engaged):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Performs the entire <i>DDT</i> ● May issue a timely <i>request to intervene</i> ● Performs <i>DDT fallback</i> and transitions automatically to a <i>minimal risk condition</i> when: <ul style="list-style-type: none"> • A <i>DDT performance-relevant system failure</i> occurs or • A <i>user</i> does not respond to a <i>request to intervene</i> or • A <i>user</i> requests that it achieve a <i>minimal risk condition</i> ● Disengages, if appropriate, only after: <ul style="list-style-type: none"> • It achieves a <i>minimal risk condition</i> or • A <i>driver</i> is performing the <i>DDT</i> ● May delay <i>user-requested</i> disengagement

Roles of human driver and driving automation system

Level of Driving Automation	Role of User	Role of Driving Automation System
AUTOMATED DRIVING SYSTEM (ADS) PERFORMS THE ENTIRE DYNAMIC DRIVING TASK (DDT)		
<p>Level 5 – Full Driving Automation</p>	<p>Driver/dispatcher (while the ADS is not engaged):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Verifies operational readiness of the ADS-equipped vehicle ● Determines whether to engage the ADS ● Becomes a <i>passenger</i> when the ADS is engaged only if physically present in the <i>vehicle</i> <p>Passenger/dispatcher (while the ADS is engaged):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Need not perform the <i>DDT</i> or <i>DDT fallback</i> ● Need not determine whether and how to achieve a <i>minimal risk condition</i> ● May perform the <i>DDT fallback</i> following a <i>request to intervene</i> ● May request that the ADS disengage and may achieve a <i>minimal risk condition</i> after it is disengaged ● May become the <i>driver</i> after a requested disengagement 	<p>ADS (while not engaged):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Permits engagement of the ADS under all driver-manageable on-road conditions <p>ADS (while engaged):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Performs the entire <i>DDT</i> ● Performs <i>DDT fallback</i> and transitions automatically to a <i>minimal risk condition</i> when: <ul style="list-style-type: none"> ● A <i>DDT performance-relevant system failure</i> occurs or ● A <i>user</i> does not respond to a <i>request to intervene</i> or ● A <i>user</i> requests that it achieve a <i>minimal risk condition</i> ● Disengages, if appropriate, only after: <ul style="list-style-type: none"> ● It achieves a <i>minimal risk condition</i> or ● A <i>driver</i> is performing the <i>DDT</i> ● May delay a <i>user-requested</i> disengagement <p style="text-align: right;">(SAE 2016)</p>

自動運転レベル (Levels of Driving Automation)

ドライバーはDDTの一部を担当（走行環境やシステムの監視はドライバーの役目）

1	Driver Assistance	システムは横方向または縦方向制御のいずれか一方を実行。ドライバーはDDTの残余分すべてを担当。
2	Partial Driving Automation	システムは横方向と縦方向の車両運動制御の両方を担当。ドライバーはOEDRを完成させ、システムをスーパーバイズ。
システムはDDTのすべてを担当		
3	Conditional Driving Automation	ADSが全DDTを担当。ADSの介入要求やDDT実行に関わるシステム故障の発生時には、DDTフォールバック可能ユーザーがそれらに気づいて適切に対応すること。
4	High Driving Automation	ADSが全DDTならびにDDTフォールバックを担当。ADSは、介入要求時にユーザーが対応してくれるとは期待しない。
5	Full Driving Automation	ODDに限定されることなく無条件に、ADSが全DDTおよびDDTフォールバックを実行。 (SAE 2016)

「運転自動化レベル」と訳さなかった理由

- 自動化レベル(levels of automation)との混同を加速させないため
- 「自動運転には複数の形態(レベル)がある」とのユーザー向け説明につなげたい

高い知能と自律性を備えた機械がもたらす光と影

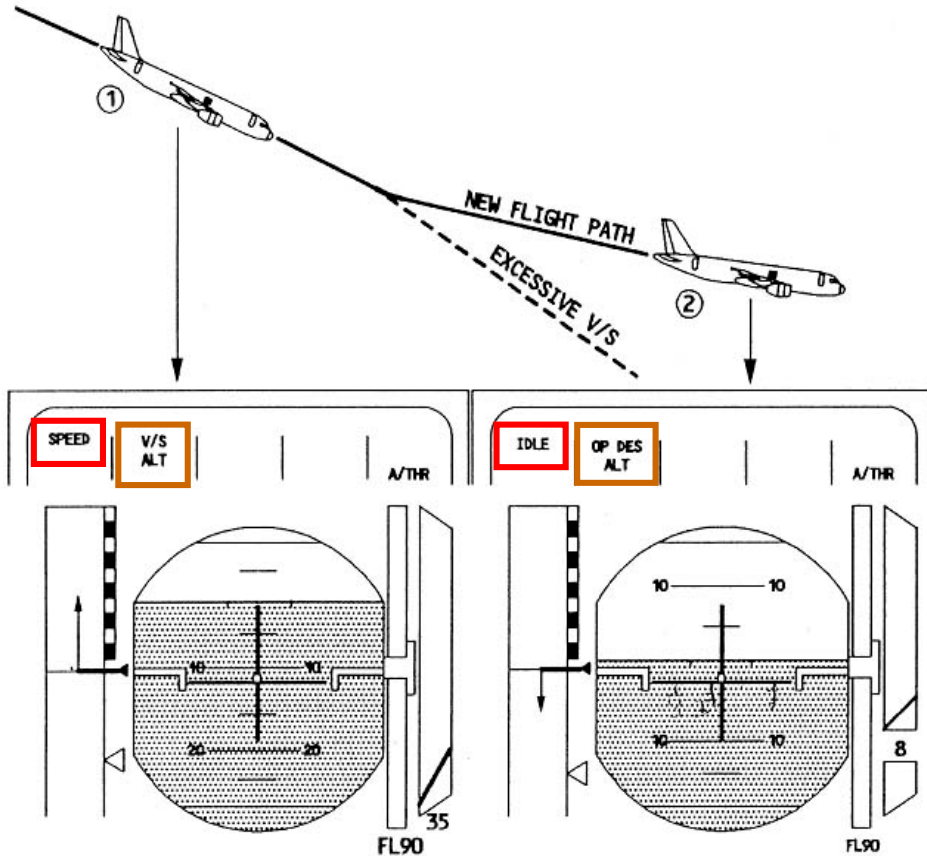
賢い機械

- 状況センシング
- 状況理解
- 何をなすべきかを決定し、実行



- 状況認識の喪失
- 機械への過信と不信の交錯
- オートメーションサプライズ

(Inagaki 2006; 稲垣 2012)



状況認識

- レベル1: 何かが起きていることに気づく
- レベル2: その原因を特定できる
- レベル3: これからの事態の推移が予測できる

レベル2の自動運転 (Partial Driving Automation)

システム： 縦方向制御と横方向制御の両方を担当。

ドライバー： 走行環境監視を含め、動的運転タスク残余分を担当。



Photo: BMW

監視制御 (supervisory control)

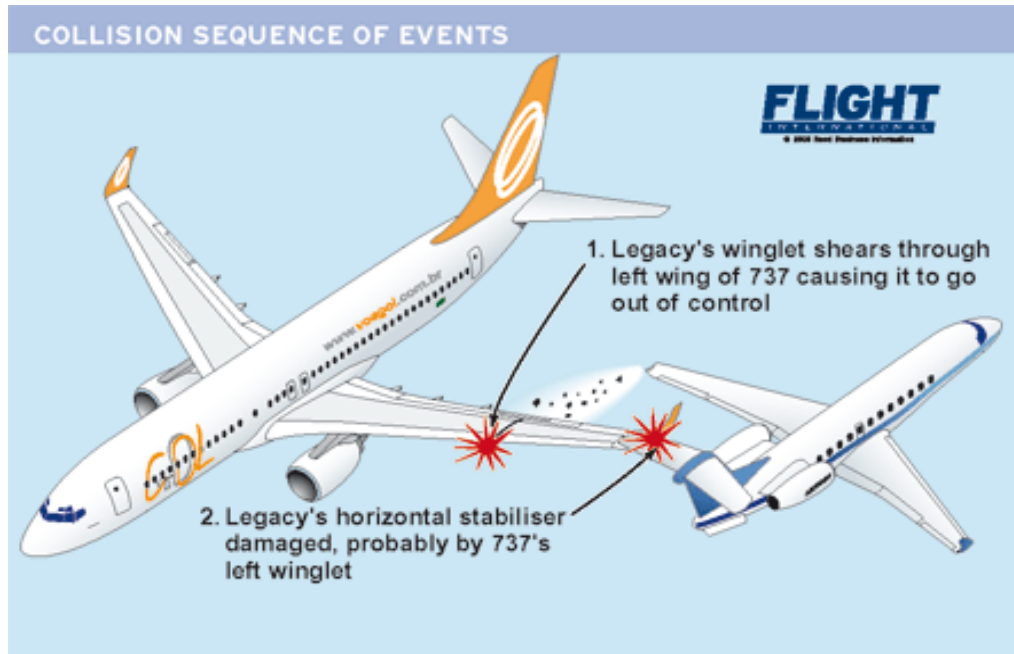
- 人が何をなすべきかを決め、システムに指示
- システムは、人の指示に沿って制御を実行
- システムによる制御の適切性を人が継続的に監視
- 人は、必要に応じてシステムによる制御に介入

システムの動作原理、能力限界、サブシステム間の相互干渉等に関する正確な理解が必要

← HMI のデザインが鍵

- ドライバーが監視制御をしていないと思えるときはどうする？

システムの作動／不作動は明確に分かるか



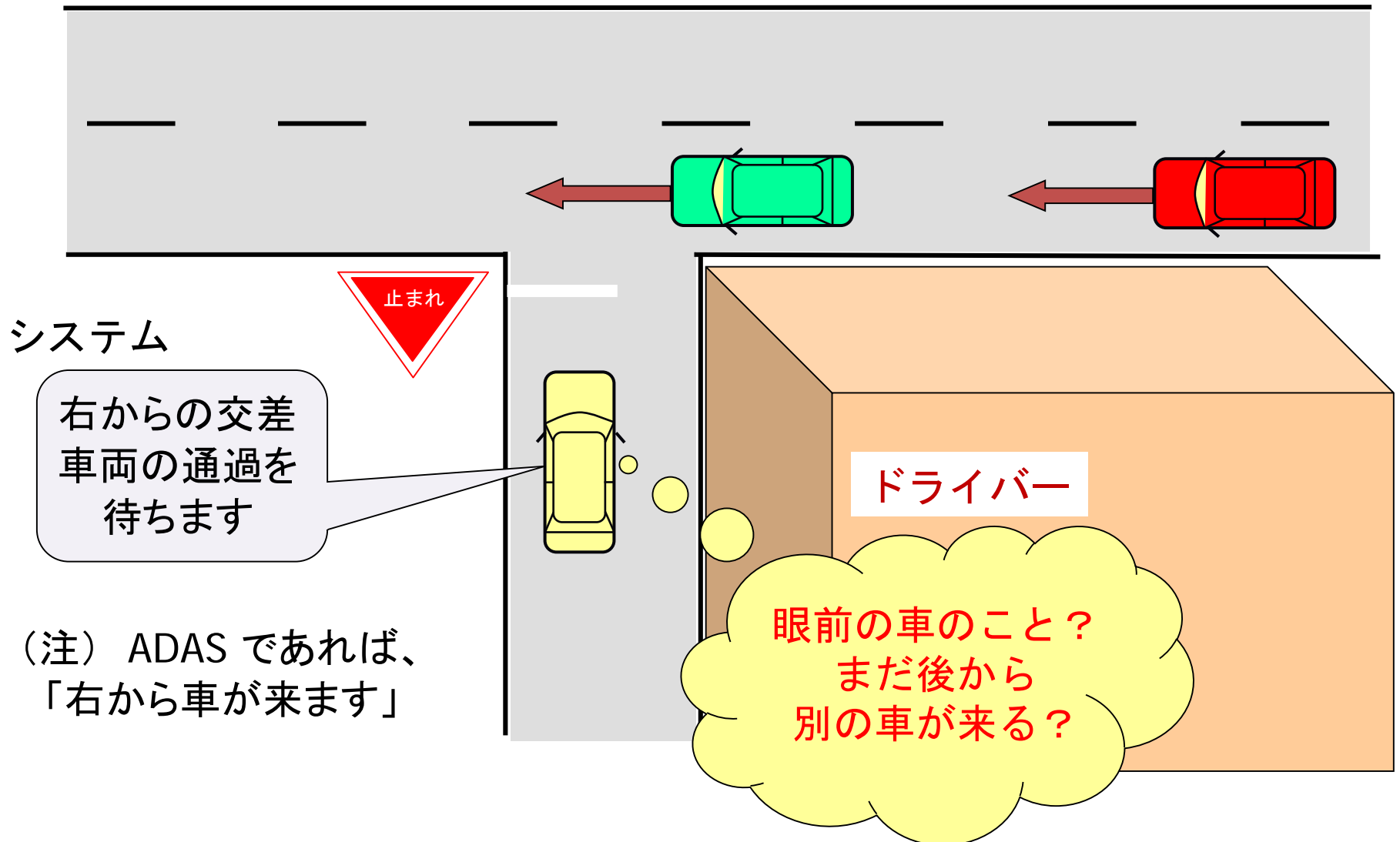
2006年9月、Boeing 737 と Embraer Legacy がアマゾン上空で衝突

(Flight International, 6 December 2008)

- Legacy のトランスポンダーは standby モード(送受信機能喪失)
- 「TCAS OFF」は表示されたが、目立たない白字表示
- Boeing 737 と Legacy に搭載されていた TCAS は、いずれも相手機の存在を知ることができない状態

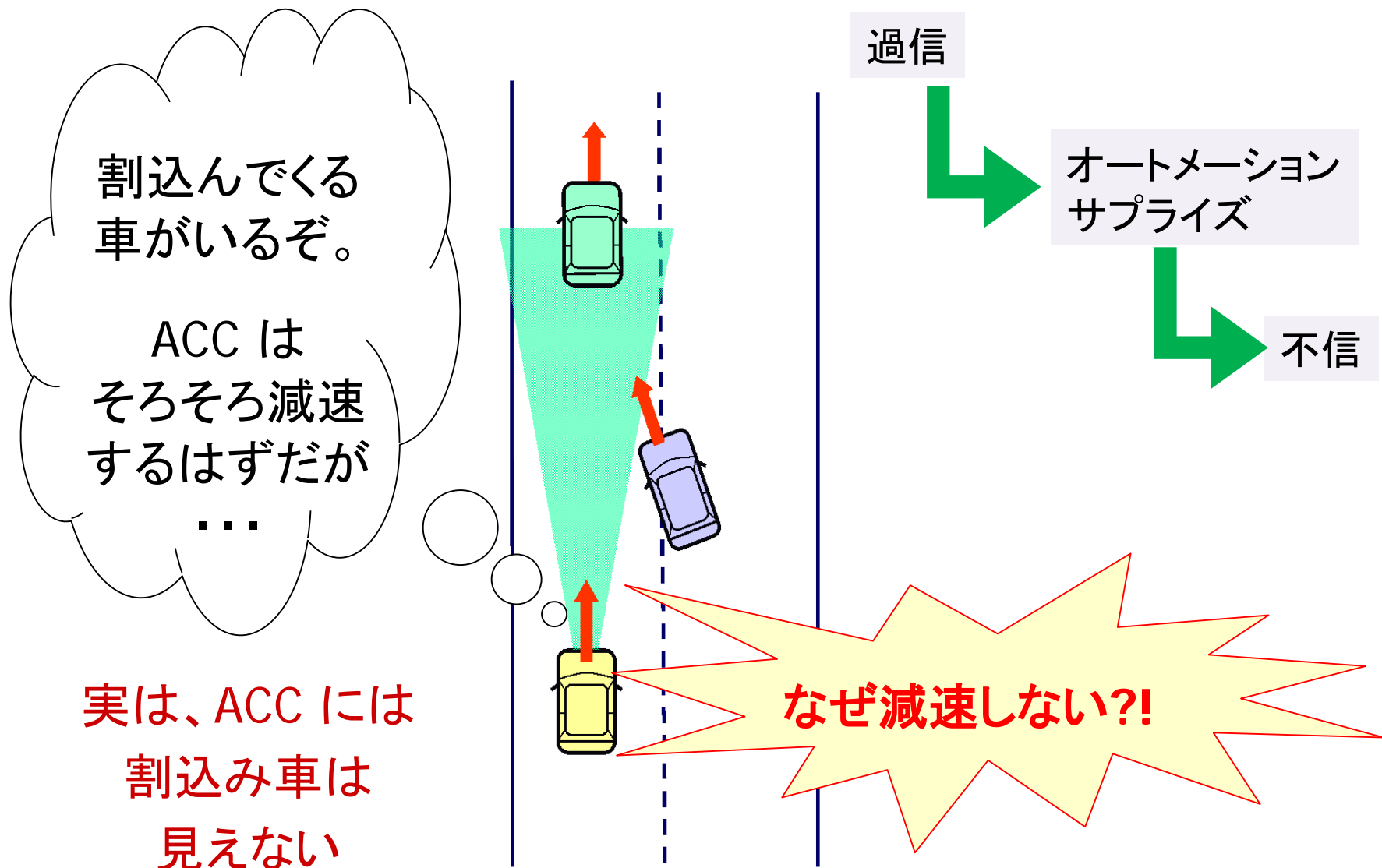
➡ TCAS 警報が発せられないまま、2機が衝突

システムの状況判断と意図は明確に分かるか



(注) ADAS であれば、「右から車が来ます」

機械の能力限界は明確に分かるか



機械の意図、その意図の背景が明確に分かるか？

なぜ
オートパイロットが
こんなことをするのか
私にはわからない。

でも、
オートパイロットは
わかったうえで
やっているはず
だよな。



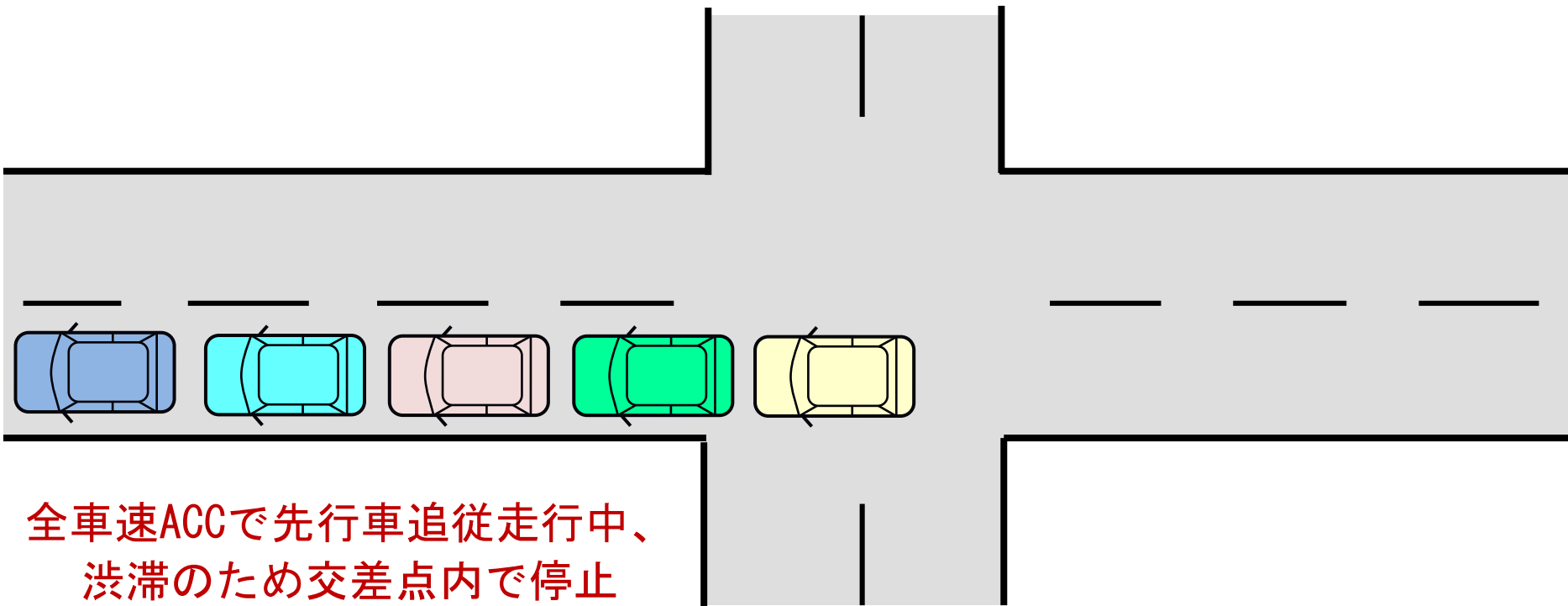
(FAA 1995)

機械への信頼 (*trust*) を形成する4つの要件

- (1) **基盤的**要件： 自然界を支配する物理的法則に合致し、
社会秩序にも合致している
- (2) **機能の安定性**に関する要件： 人が目標達成に必要としている
機械の能力が終始一貫、安定的に提供されると期待
できる
- (3) **機能の実現方法**に関する要件： 機能がどのような方法(しくみ
や論理等)に基づいて実現されているか理解できる
- (4) **機能の目的**に関する要件： 機械の動作の背後にある、その
機械(あるいはその機械の設計者)の意図・動機が
納得できる

過信(その1): 基盤的要件の過大評価

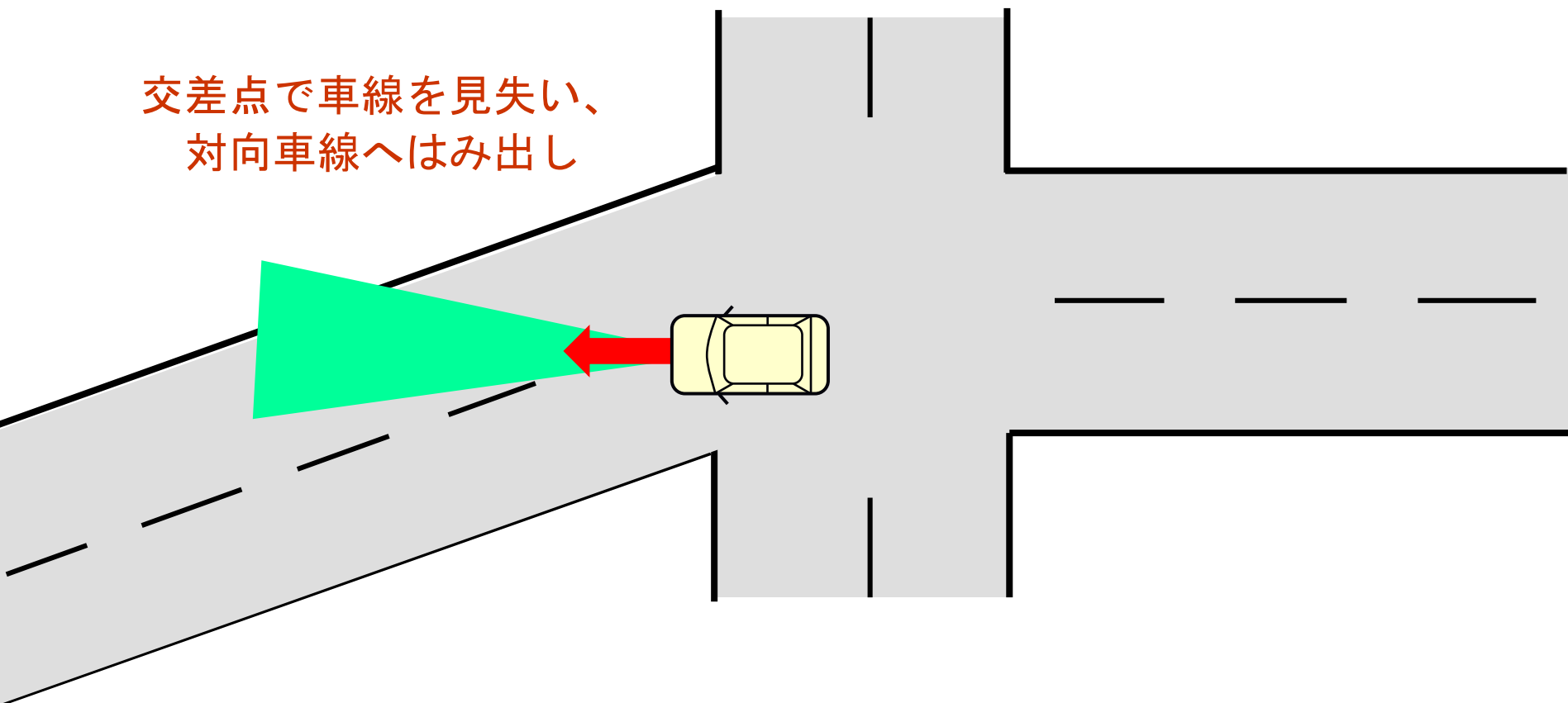
「ACCは、交通ルールを守るように調整されているだろう。
停止してはいけない場所があれば、そこをきちんと避けて
停止してくれるはずだ」



過信(その2): 機能の安定性に関する要件の過大評価

「LKA は、これまでいつもきちんと操舵支援をしてくれた。
今も当然、適切に操舵支援をしているだろうし、
これからもずっとそうだろう」

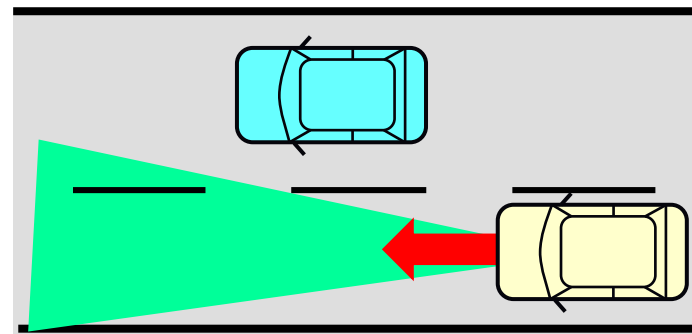
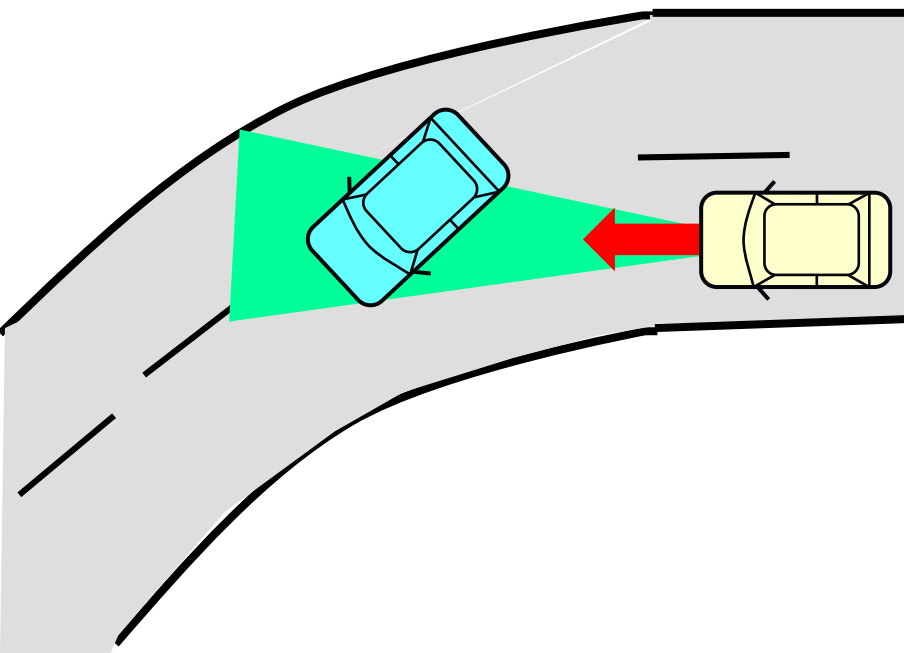
交差点で車線を見失い、
対向車線へはみ出し



過信(その3): 機能の実現方法に関する要件の過大評価

「LKAの機能がどのように実現されているのか知らないが、
詳細まで把握しておかなくても大丈夫だろう」

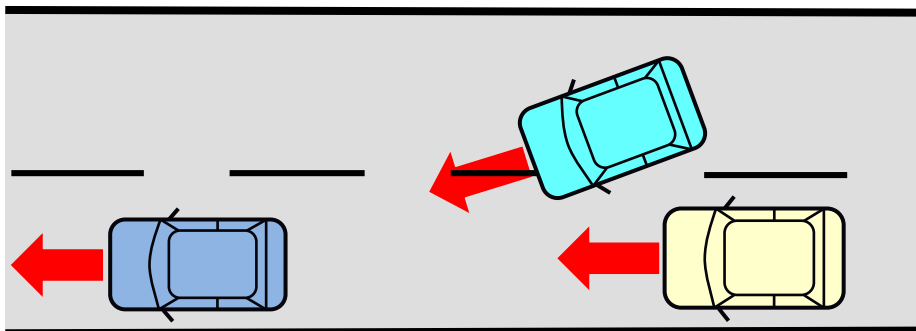
小R曲線路で割込み車が現れて
白線が検知できなくなり、
操舵支援が行われない



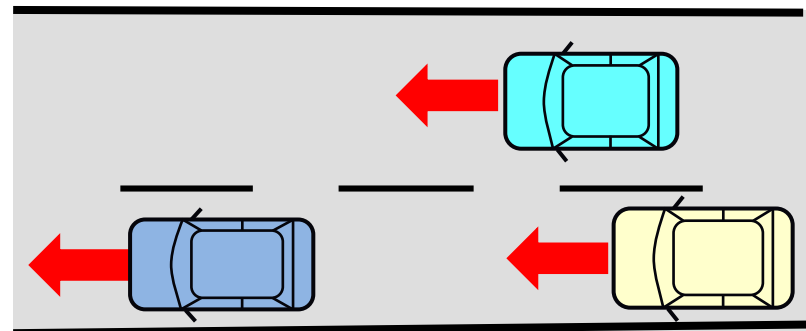
全車速LKAで車線維持走行

過信(その4): 機能の目的に関する要件の過大評価

「なぜこのような挙動をしているのか分からないが、適切であると判断したことをやっているのだから、まさか悪いようにはしないだろう」



割込み車に対して
減速しない



全車速ACCで
先行車追従走行

レベル3の自動運転 (Conditional Driving Automation)

システム： 走行環境の監視を含め、すべての動的運転タスクを担当。ユーザーに運転交代を求めたいときは、時間余裕をもってユーザーに要請。

ユーザー： システムの要請に適切に対応すること。



Photo: Volvo

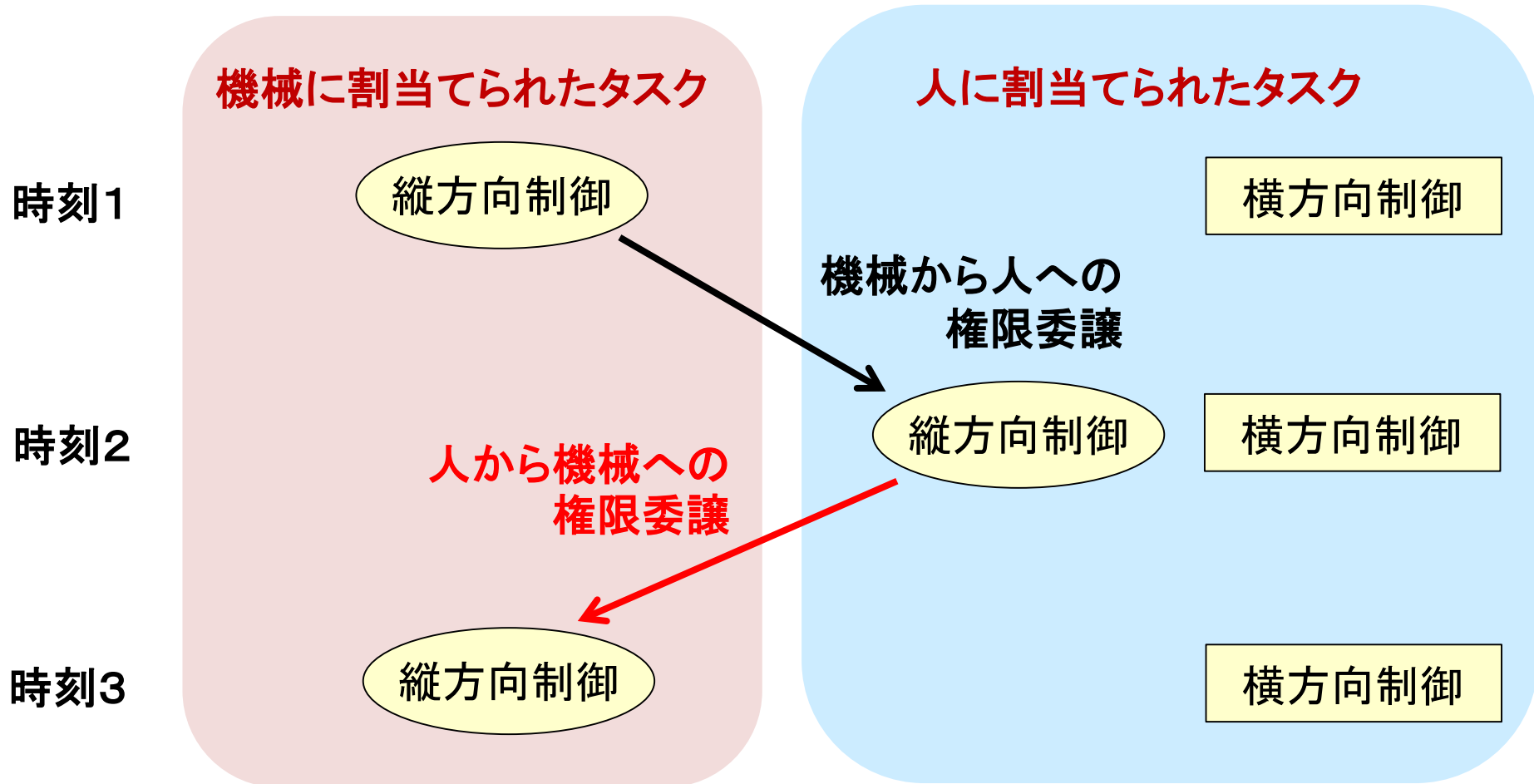
- 結果予見、結果回避の義務から解放されているのか？
- 過失責任を問われることもあるのか？
- システムの要請に適切に対応するよう人に求めるのは妥当か？

- 「いつでも運転交代要請に対応できるようにせよ」といわれて、仕事に集中／リラックスできる？ 何のための自動化？

権限委譲 (trading of authority)

(1) 誰から誰への権限委譲？

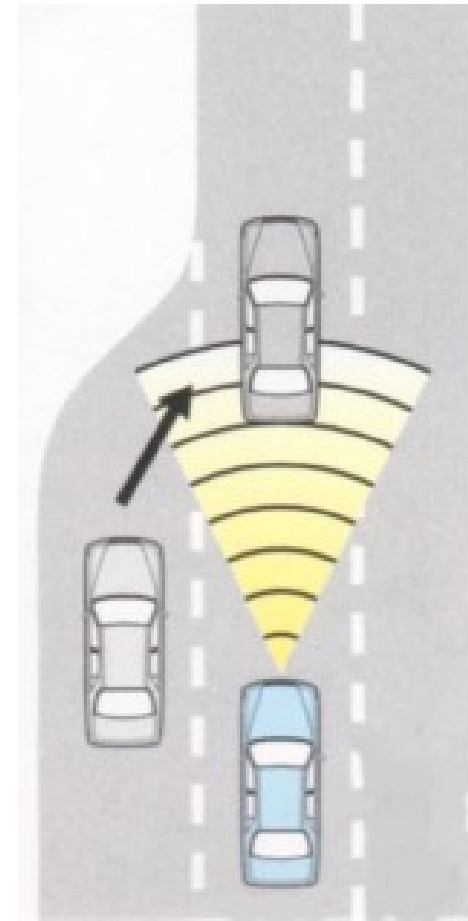
(2) 権限委譲の要否と実行タイミングを決定・実行するのは誰？



人の判断による権限委譲

(例) 離陸時は人間が操縦。
機体が安定すると、コンピュータに操縦を委任。
必要に応じてオートパイロットを解除して、
人が操縦。

(例) ACC で走行中、割り込みの気配を示す車に
気づく。いったん ACC を解除し、割り込み車
との間隔を適切にした後、再び ACC を
エンゲージ。



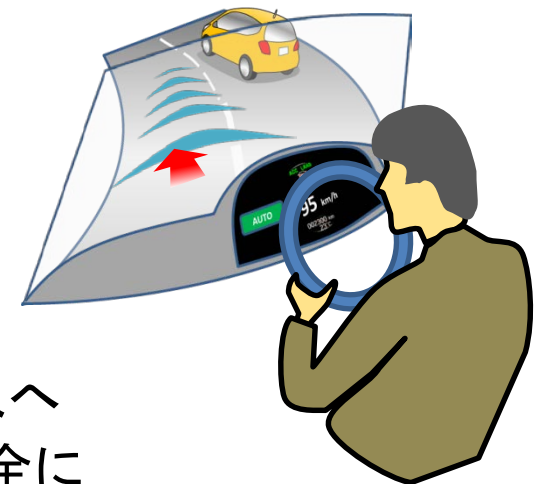
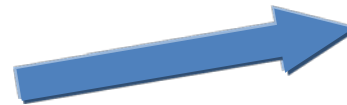
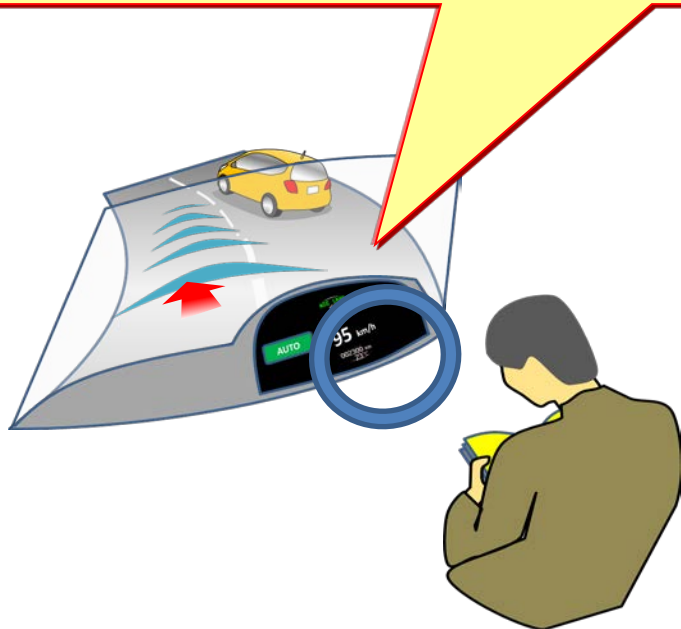
機械の判断による、機械から人への権限委譲

ユーザー：運転操作は行わず、走行環境の監視もしていない。
システムがユーザーに運転交代を求めたとき、
瞬時に状況を見極め、制御を引継がねばならない。

10秒後に自動走行モードを
解除します。
運転を交代してください

120 km/h なら 333 m

60 km/h なら 167 m

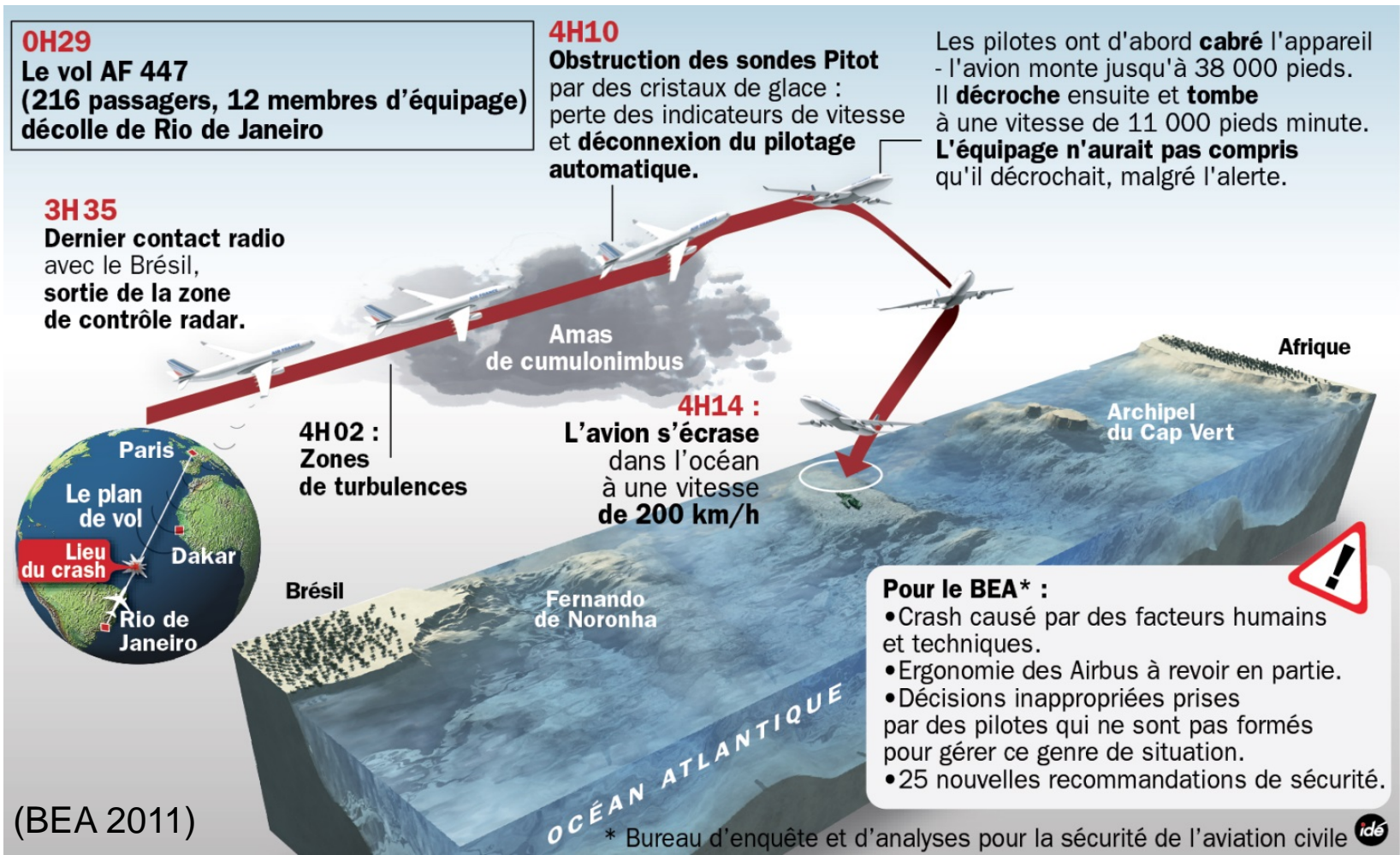


システムから人へ
権限を円滑・安全に
移行させたい

機械から人への権限委譲は成功するとは限らない

エールフランス447便 (A330-200) の墜落 (2009.06)

高高度を飛行中に対気速度に矛盾が生じ、オートパイロット解除。
その後のパイロットの操作が不適切であったため異常姿勢に陥り、墜落。



自動化レベル (Levels of Automation: LOA)

人に最終決定権

- (1) コンピュータの支援なしに、すべてを人が決定・実行。
- (2) コンピュータはすべての選択肢を提示し、人はそのうちのひとつを選択して実行。
- (3) コンピュータは可能な選択肢をすべて人に提示するとともに、
ひとつを選んで提案。それを実行するか否かは、人が決定。
- (4) コンピュータは可能な選択肢の中からひとつを選び、それを人に提案。
それを実行するか否かは、人が決定。
- (5) コンピュータはひとつの案を人に提示。人が了承すれば、コンピュータが実行。

- (6) コンピュータはひとつの案を人に提示。
人が一定時間内に実行中止を指令しない限り、コンピュータはその案を実行。
- (6.5) コンピュータはひとつの案を人に提示すると同時に、その案を実行。
- (7) コンピュータがすべてを行い、何を実行したか人に報告。
- (8) コンピュータがすべてを決定・実行。人に問われれば、何を実行したかを報告。
- (9) コンピュータがすべてを決定・実行。何を実行したかを人に報告するのは、
報告の必要性をコンピュータが認めたときのみ。
- (10) コンピュータがすべてを決定し、実行。

(Sheridan 1992; Inagaki et al. 1998)

機械に最終決定権

自動化レベル 1: ナイトビュー

車載の暗視カメラで捕らえた前方映像を解析し、その中に歩行者が映っていることを検知したとき、歩行者に枠をつけてディスプレイに表示する（注意喚起）

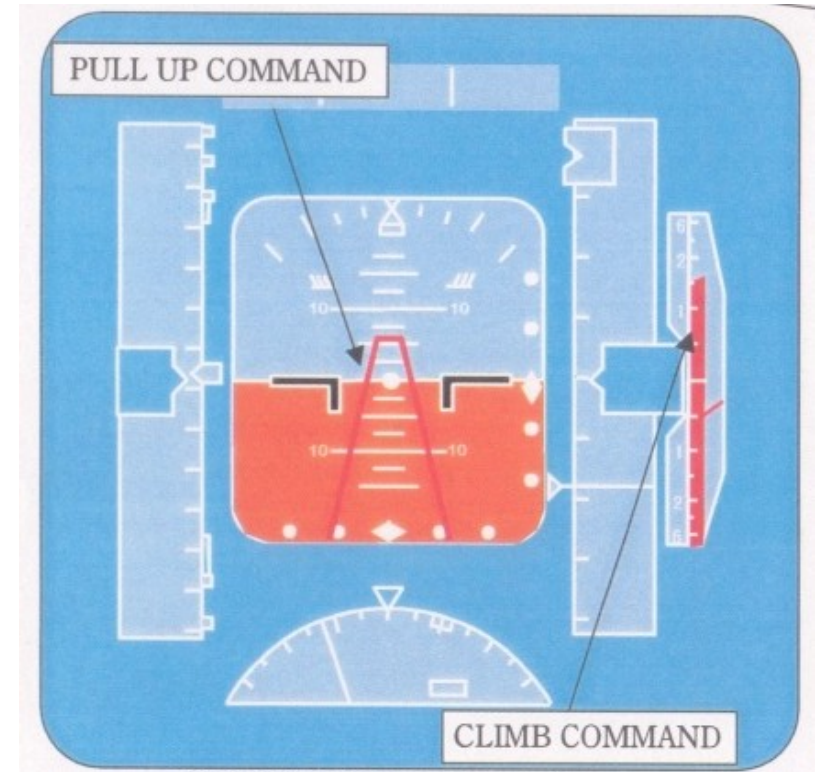
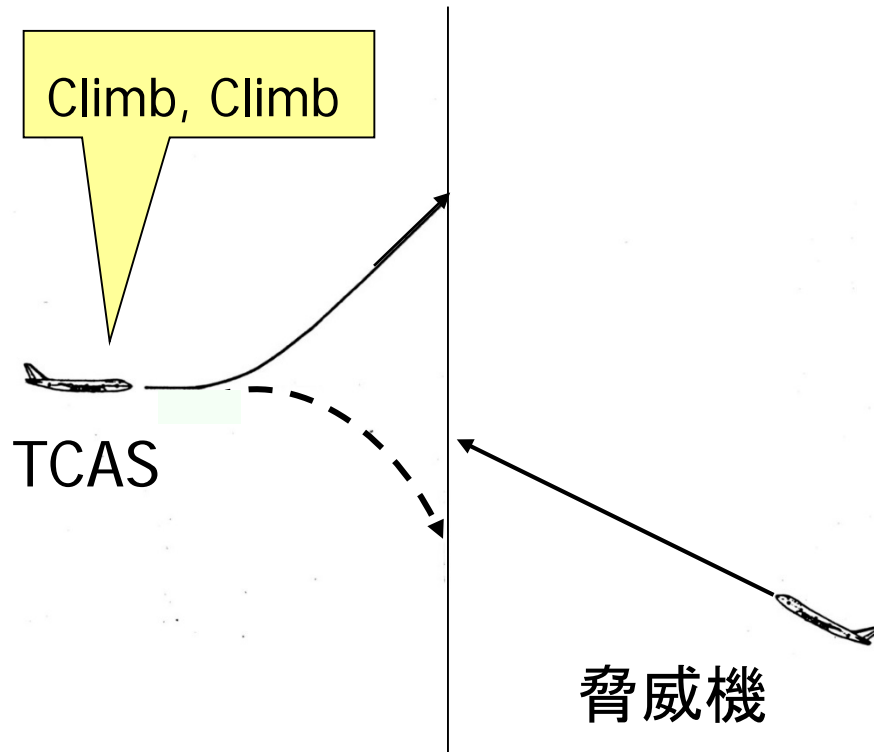


(1) コンピュータの支援なしに、すべてを人間が決定・実行.

自動化レベル 4: TCAS

- (4) コンピュータは可能な選択肢のうちからひとつを選び、それを人間に提示。それを実行するか否かは人間が決定。

回避アドバイザリ



機械は助言をするが、場合によっては、人は助言を無視できる

自動化レベル 6: 急減圧検知時の自動降下

- (6) コンピュータはひとつの案を人間に提示。
人間が一定時間以内に実行中止を指令しない限り、コンピュータはその案を実行。



- ① システムが客室急減圧を検知
- ② システムは乗員に告知し、同時に緊急降下のカウントダウン開始
- ③ カウントダウン終了までに乗員が拒否権を発動しなければ、システムは緊急降下を実行

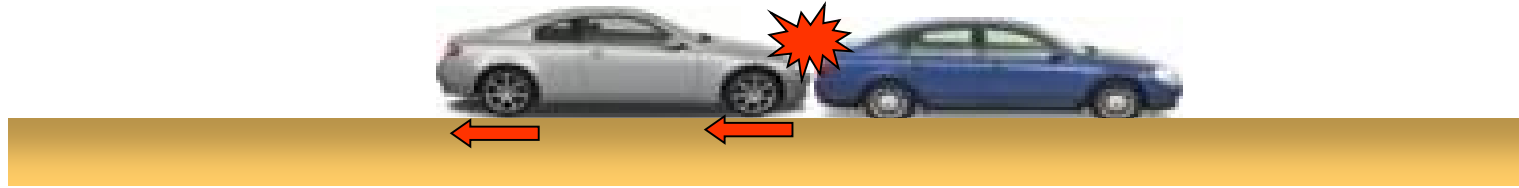
操作開始の遅れ



機械が人に提案を行ったとき、**限られた時間内**に人が明確な拒否を表明しない限り、機械はその提案を実行

自動化レベル 6: 衝突被害軽減ブレーキ

ドライバーが対応しないときは自動的にブレーキをかけて衝突速度を低減



第1段の動作 …… 弱いブレーキと音による警報

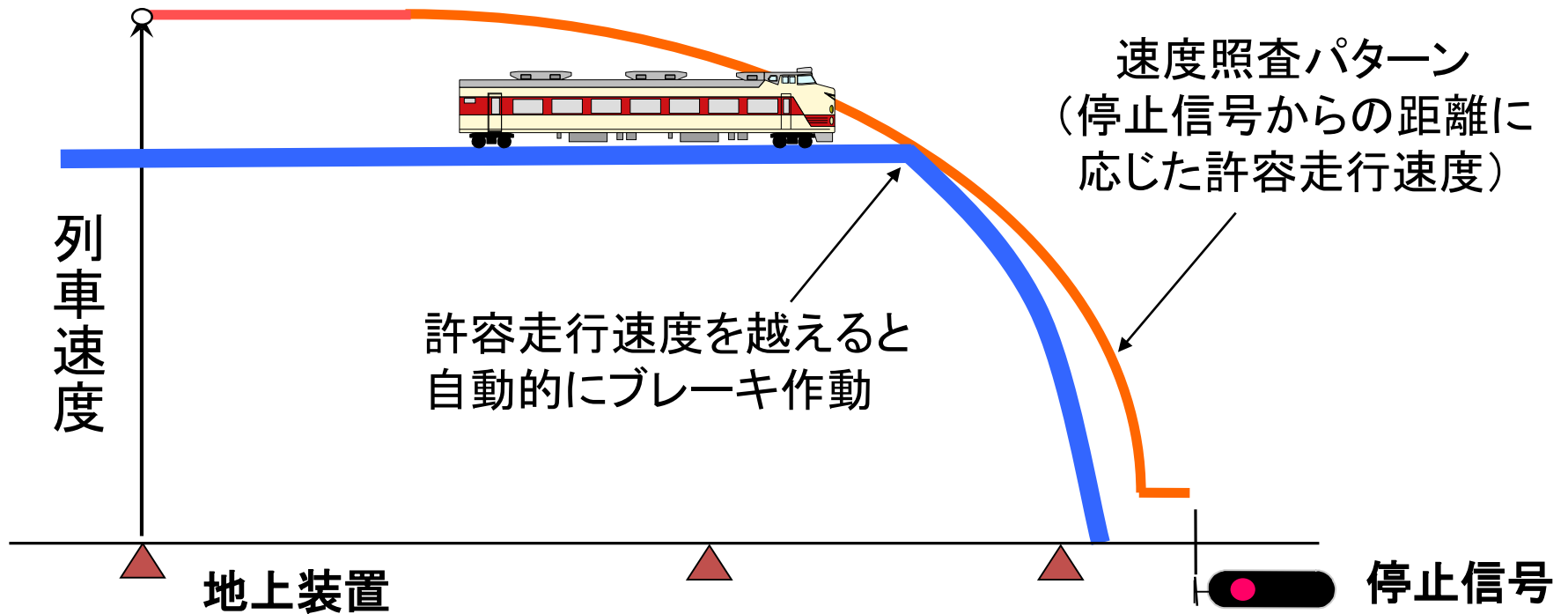
(6) コンピュータはひとつの案を人間に提示. 人間が一定時間以内に実行中止を指令しない限り, コンピュータはその案を実行.

第2段の動作 …… 強いブレーキとシートベルトの巻上げ

(6.5) コンピュータはひとつの案を人間に提示すると同時に, その案を実行.

自動化レベル 6.5: ATS-P

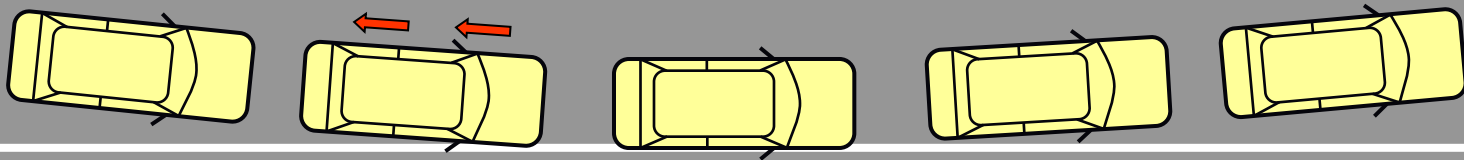
(6.5) コンピュータはひとつの案を人間に提示すると同時に、その案を実行。



機械は、自分の意図を人に伝えると同時に、それを実行

自動化レベル 6.5: 車線逸脱防止システム

クルマが車線を逸脱しそうになると、警報と表示でドライバーに知らせ、それと同時にステアリングを修正するトルクを発生する

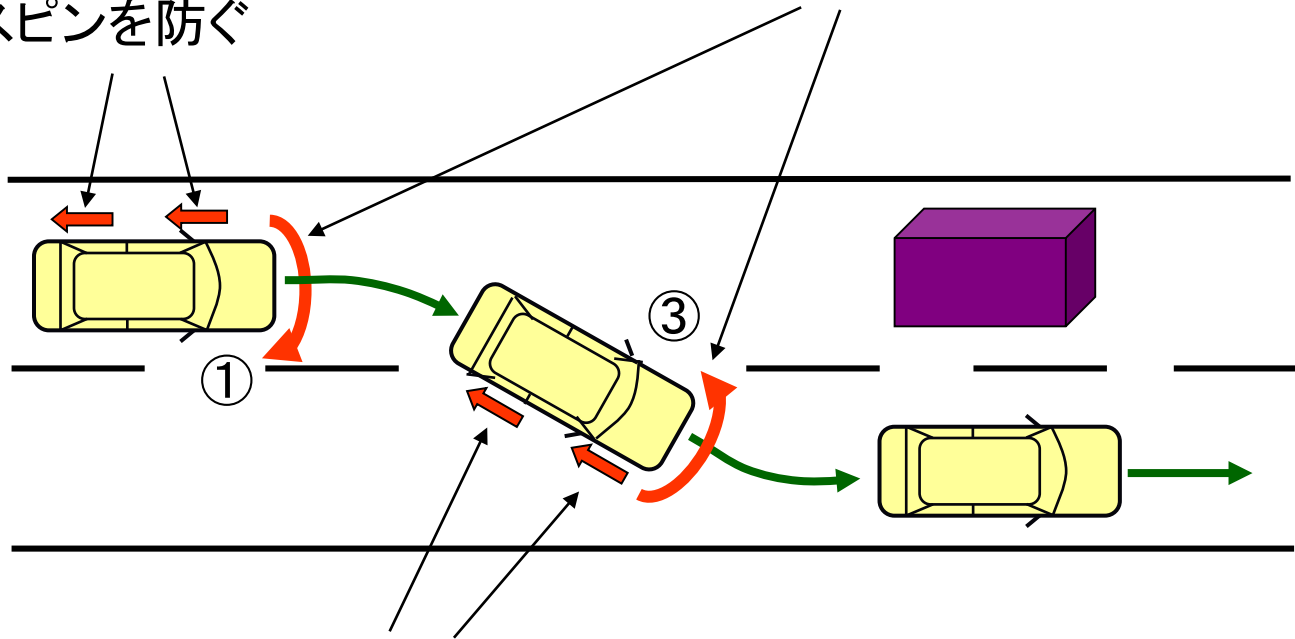


(6.5) コンピュータはひとつの案を人間に提示すると同時に、その案を実行.

自動化レベル 7: ESC

② 左側の前後輪にブレーキをかけてスピンを防ぐ

①, ③ ドライバーが急激な操舵

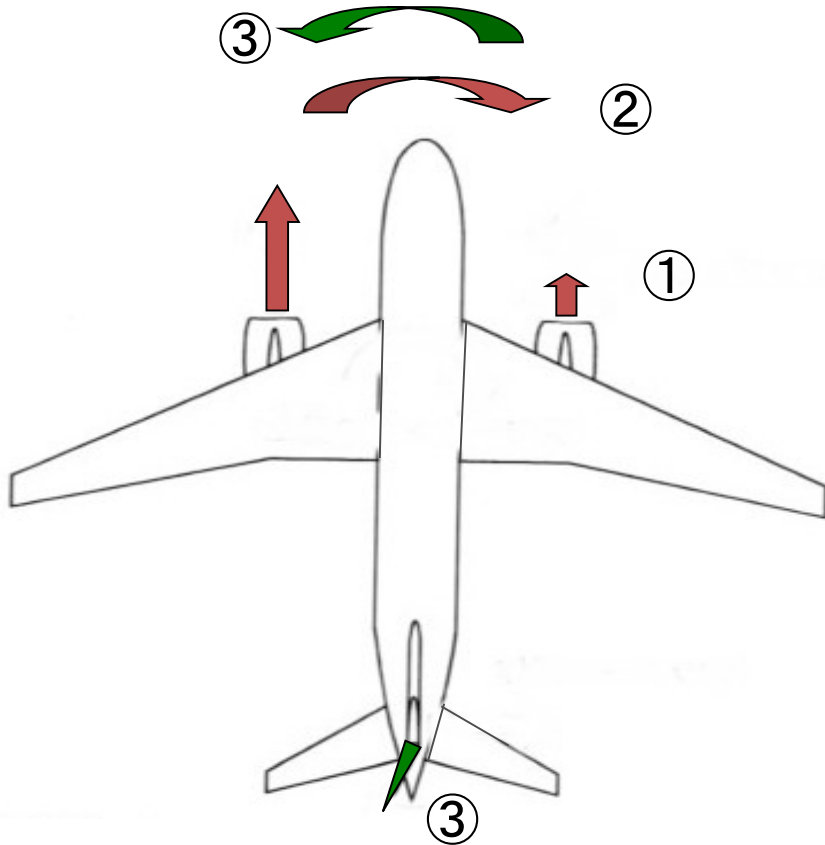


④ 右側の前後輪にブレーキをかけてスピンを防ぐ

(7) コンピュータがすべてを行い, 何を実行したか人間に報告.

自動化レベル7: エンジン推力不均衡の補償

(7) コンピュータがすべてを行い、何を実行したか人間に報告。

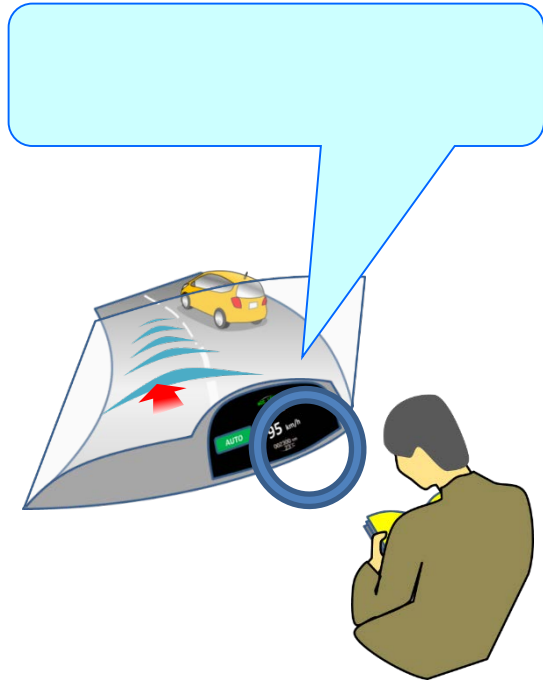


- ① 第2エンジン(右主翼側)故障
- ② 左右エンジンの推力不均衡により機首が右に振れようとする
- ③ TACが方向舵を制御して機首を左に向ける力を作り出して②の力を打消し、機首の振れを抑制

Thrust Asymmetry compensation
(TAC)

機械がよいと思ったことは、即時実行。人へは事後報告

機械から人への権限委譲を行いたいときのメッセージは？

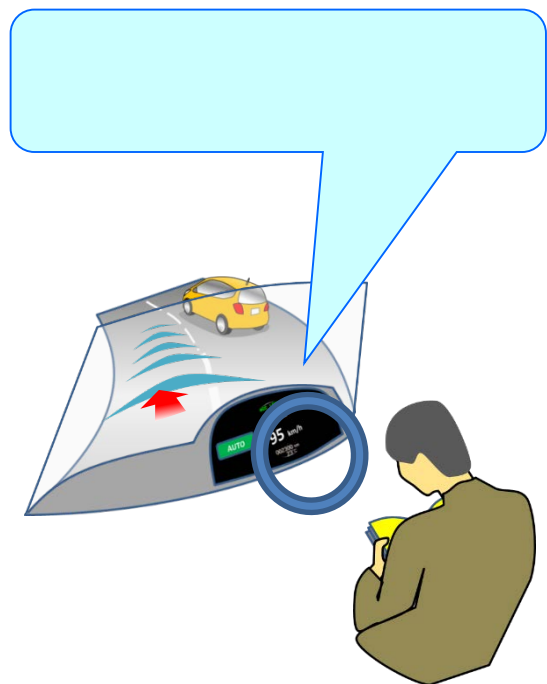


運転しておらず
監視していない
ユーザー

1. 「10秒後にシステム機能限界の発生が予想されます」と注意喚起 (LOA=4)
2. 「10秒後にシステム機能限界の発生が予想されるため、運転交代してください。引継ぎ確認でき次第、自動走行モードを解除します」と提案 (LOA=5)
3. 「システム機能限界の発生が予想されるため、10秒後に自動走行モードを解除します。それが不適切と考えられるときは拒否権を発動してください」と宣言 (LOA=6)
4. 「自動走行モードを解除しました」と報告 (LOA=7) …気づかなければ無制御状態

ユーザーが運転交代要請に応えないときは？

2. 「10秒後にシステム機能限界の発生が予想されるため、運転交代してください。引継ぎ確認でき次第、自動走行モードを解除します」と提案 (LOA=5)



運転しておらず
監視もしていない
ユーザー

10秒経過後も、ユーザーが運転している
ことが確認できない

(例) 「権限委譲は不可能」と判断し、
システムの機能範囲内で車両停止へ
向けての制御を実行

SAE J3016 (2014年版)のレベル4の自動運転

SAE J3016 (2014年版)

LEVEL 3 - CONDITIONAL AUTOMATION

The part-time or *driving mode*-dependent performance by an *automated driving system* of all aspects of the *dynamic driving task* with the expectation that the *human driver* will respond appropriately to a *request to intervene*.

LEVEL 4 - HIGH AUTOMATION

The part-time, *driving mode*-dependent, or geographically-restricted performance by an *automated driving system* of all aspects of the *dynamic driving task*, even if a *human driver* fails to respond appropriately to a *request to intervene*.

SAE J3016 (2016年版)

LEVEL 4 - HIGH DRIVING AUTOMATION

The sustained and ODD-specific performance by an ADS of the entire DDT and DDT fallback, without any expectation that a user will respond to a request to intervene.

レベル4の自動運転 (High Driving Automation)

システム：すべての動的運転タスクを担当。車両故障、システム自身の故障が発生しても、想定作動環境（システム設計時に機能を保証すべき環境として想定されたもの）内であれば、ユーザーの手助けを求めることなく、システムだけで適切に対応。

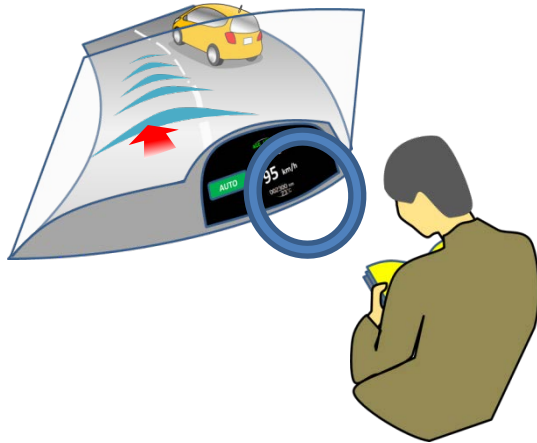
- 「システムだけで対応できる」ことは、「ユーザーに関与させない」ことを意味するの？
- 何が起きているか、システムはそれに対応しようとしているか等はユーザーに知らせるべきか、知らせる必要はないか？



Photo: Volvo

レベル5の自動運転 (Full Driving Automation)

システム： あらゆる道路条件、走行環境条件下において、動的運転タスクのすべてを担当。



有人運転ではあるが、いわゆる
「ドライバー」が乗らない車

- 車外の「ドライバー」が遠隔から監視制御？
- 車載 AI を「ドライバー」と見做す？

**ウィーン条約(ジュネーブ条約)との
関係をどのように整理？**

車両の運転者は、正当な注意義務を適正に行使でき、いかなる操作であっても必要なものはいつでも実行できるよう、車両を常に制御できていなければならない



Photo: Google

権限と責任： 道路交通に関するウィーン条約

第8条(運転者)

- 1 あらゆる走行中の車両か連結車両には、運転者がいなければならない。
- 5 運転者は、いついかなるときも、車両を制御できなければならない。

第13条(速度と車両間の距離)

- 1 車両の運転者は、正当な注意義務を適正に行使でき、いかなる操作であっても、必要なものはいつでも実行できるよう、つねに車両を制御できていなければならない。

完全自動運転においてHMIは不要か？

- 「ドライバーとのインタフェース技術が意味をなさなくなる」
 - 「完全自動運転が実用になると、クルマがやり取りする相手はドライバーではなく、乗客になる」
- といった意見もあるが・・・



Photo: Google



Photo: Zoox

「タクシードライバー」への信頼が前提

自動運転システムの利用には、それなりの心構えが必要



Photo: BMW



Photo: Volvo

- 監視制御は、楽な仕事ではない
- 高機能なシステムの動作原理や能力限界を知らないと、システムを正しく監視することはできない
- 権限の的確な引継ぎには、瞬時の状況判断力が不可欠
- 自動運転の活用には、ドライバーも社会も意識改革が必要

何のための自動運転？ 誰のための自動運転？

- 自動運転がドライバーに何をもたらすか
 - 自動運転のレベルに依存
 - 誰を対象とするかに応じて適切な自動運転のレベル選定
 - 自動運転レベルが高いものが「レベルが高い」のではない
- 自動運転がドライバーに求めるもの
 - 自動運転のレベルに依存
 - ドライバーの役割を社会・ドライバーが認識する必要

メーカーが想定する
「ドライバーの役割」

≠

ドライバーが考える
「ドライバーの役割」

状況に応じてさまざまな自動運転レベルを使い分けられるクルマを作るなら

- 現在の自動運転のレベルを明確に表示する HMI が必須
 - 「レベル3と思っていたのに、レベル2だったなんて・・・」等の **モードコンフュージョン** が起こらないようにすること
- 自動運転レベルは、どのように表示する？
 - 「レベル2」、「レベル3」などとしてよい？
 - 「Conditional driving automation」などと書く？
 - ドライバー全員が、自動運転のレベルの定義を正しく理解し、記憶しているという状況は期待できないのだが・・・
 - ドライバー（あるいはシステム）の役割をアイコン等で示す？
 - 実は、「レベル2」、「レベル3」などという言い方を積極的に世の中に広めたほうがよいのではないか？

参考文献

稲垣 (2012). 人と機械の共生のデザイン, 森北出版.

Inagaki, T. (2003). Adaptive automation: Sharing and trading of control. In E. Hollnagel (Ed.), Handbook of Cognitive Task Design, Chapter 8 (pp. 147-169), Lawrence Erlbaum Associates.

Inagaki, T. (2006). Design of human-machine interactions in light of domain-dependence of human-centered automation, Cogn. Tech. & Work, 8(3), 161-167.

Inagaki, T. (2010). Traffic systems as joint cognitive systems: Issues to be solved for realizing human-technology coagency, Cogn. Tech. & Work, 12(2), 153-162.

Inagaki, T. & Sheridan, T. (2012). Authority and responsibility in human-machine systems: Probability theoretic validation of machine-initiated trading of authority. Cogn. Tech. & Work, 14(1), 29-37.

Inagaki, T., Moray, N., & Itoh, M. (1998). Trust, self-confidence and authority in human-machine systems, Proc. IFAC Int. Symposium on Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems, Kyoto, Japan (pp. 431-436).

SAE (2016). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Surface Vehicle Recommended Practice, J3016.

Sheridan, T.B. (1992). Telerobotics, automation, and human supervisory control. MIT Press.