R&Dシンポジウムパネルディスカッション

「適切なヒューマン・マシン・インターフェースをめざして ～人・システムに何を求めるか～」

パネリスト：
筑波大学　大学院システム情報工学研究科
リスク工学専攻　教授
稲垣　敏之 氏

自治医科大学　医学部
メディカルシミュレーションセンター
医療安全学（附属病院医療安全対策部兼任）
センター長　教授
河野　龍太郎 氏

三菱航空機株式会社　装備設計部
電子装備グループ　グループリーダ
森本　淳 氏

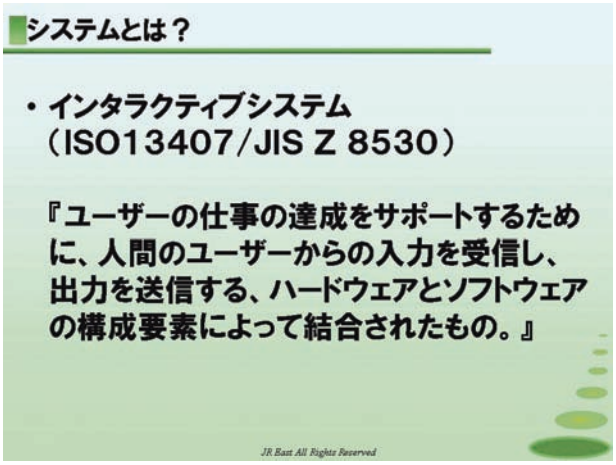
トヨタ自動車株式会社　東京技術部
安全・新技術グループ長　担当部長
田中　宏明 氏

東日本旅客鉄道株式会社　JR東日本研究開発センター　安全研究所長
楠神　健

コーディネーター：
東日本旅客鉄道株式会社　執行役員　技術企画部長　兼　JR東日本研究開発センター所長
荒井　稔

1. はじめに

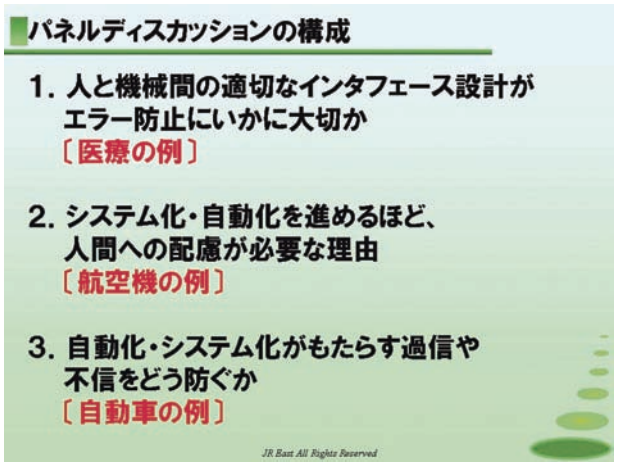
（荒井）「システム化の進展とヒューマンファクター」と題しまして、専門家の皆さまから幅広い視点でいろいろなお話をいただきたいと思います。



最初に、「システム」という言葉の定義を考えてみたいと思います。「システム」という言葉は幅広い意味がありますが、国際規格では、「『インタラクティブシステム』ユーザの仕事の達成をサポートするために、人間のユーザからの入力を受信し、出力を送信する、ハードウェアとソフトウェアの構成要素によって結合されたもの」と定義されています。つまり、一概にコンピューター制御が入っていることではないということになります。システムと人間の関わりを考えていくうえで、システムに依存する部分がしだいに大きくなったときに、肝心なものが人間側から抜けていくというような

ことが、大きな課題のひとつだと言われています。例えば、生活の中になくてはならない電気炊飯器は、便利ですが、その中には膨大なステップ数のプログラムが入っており、ボタンひとつで非常においしいごはんが炊きあがります。逆を言えば、電気炊飯器なくして人間に上手にご飯を炊く技量があるかどうか、また、ご飯を炊くことそのものができなくなっているのではないかという課題があるのです。

鉄道の中におけるシステムにはどのようなものがあるのでしょうか。上図のように大規模な列車制御システムもありますし、車両におけるシステム、保守作業におけるハンディターミナル、さらにはクレーンなどの工事用機械にもシステムが使われています。安全・品質・効率の向上にシステム化・機械化・装置化が進んできましたが、その新たな機械・システムを導入する際に、何を考えたらよいのかということや、使い慣れていく中で人間が抱いてしまう過信や不信などについて、本日はパネリストの皆さまからお話しいただこうと思います。



本日は、医療・航空機・自動車各界の専門家の皆さまにお越しいただいておりますので、

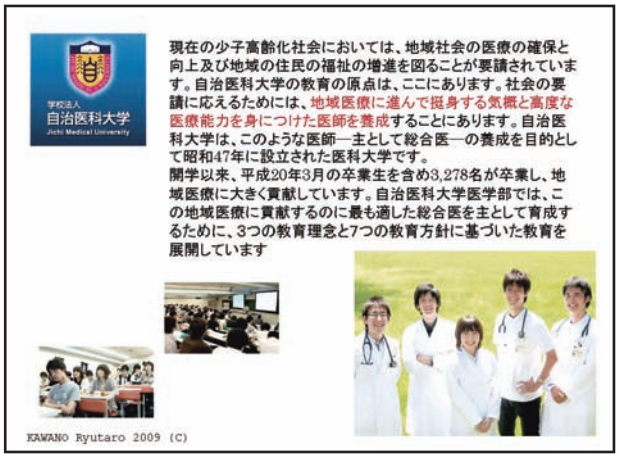
・人と機械間の適切なインターフェース設計がエラー防止にいかに大切か
・システム化・自動化を進めるほど、人間への配慮が必要な理由
・自動化・システム化がもたらす過信や不信をどう防ぐか

の３点についてお話いただきたいと思います。

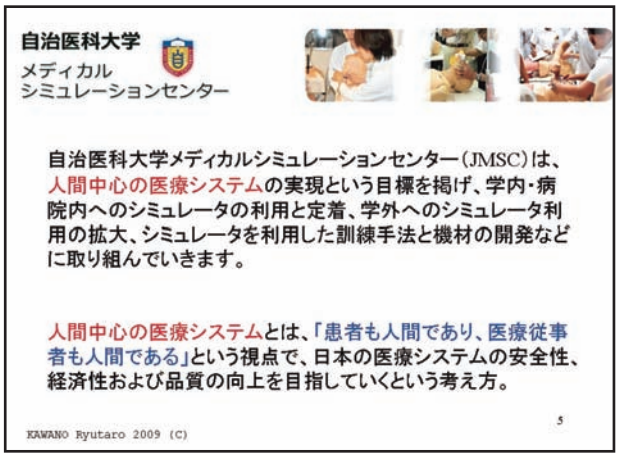
それではパネリストの皆さまから自己紹介を兼ねて、システムと人との関係においてどのように関わっているかというお話を最初にいただきたいと思います。河野様、お願いいたします。

2. パネリストのご紹介

（河野）私は自治医科大学でメディカルシミュレーションに取組んでいます。最初に、自治医科大学を紹介させていただきます。



自治医大は医師の不足している地域で医療を担う医師の養成のために設立されました。



大学にシミュレーションセンターがあり、そこでは人間中心の医療システムをめざした取組みをしています。日本は医療システムとして国民皆保険制度をとっていますので、「患者も医療従事者も人間であるという視点で安全で効率的な医療をめざす」というのが私の考えです。

このシミュレーションセンターでは、一般の方々はほとんど見たことがないと思いますが、上図のようなマネキン型シミュレータを使いながら学生や職員の訓練をしています。

私は医師ではありません。もともとは航空管制官であり、業務中にニアミスという大失敗を経験しました。その苦い経験から、心理学を使ってエラーを防止したいという思いで取組んできましたが、いつの間にかそれが専門になりました。東京電力では、原子力発電プラントの運転員の行動に関する研究をしました。今日はインターフェースについてのシンポジウムですので、私が従事しました原子力におけるインターフェースの話もしたいと思います。

河野　龍太郎　氏
自治医科大学　医学部
メディカルシミュレーションセンター
医療安全学（附属病院医療安全対策部兼任）
センター長　教授

元航空管制官。航空管制業務中に航空機を衝突コースに誘導するというエラーを経験。エラー防止を目的に心理学を専攻する。東京電力㈱入社後は主に原子力発電プラントのヒューマンファクターを研究。現在、自治医科大学医学部でメディカルシミュレーションセンター長、医療安全学の研究、および同附属病院医療安全対策部で病院のリスクマネジメントに従事。日本人間工学会認定人間工学専門家。博士（心理学）。事故におけるヒューマンファクターの研究をライフワークとし、ヒューマンファクター工学をベースとしたエラー対策を提案している。

（荒井）ありがとうございます。続きまして、森本様お願いいたします。

（森本）三菱航空機は、40年ぶりの国産旅客機の製作で最近話題となっておりますMRJ（Mitsubishi Regional Jet）の開発のために、一年半前に設立された会社です。

三菱航空機自身は設計、調達および納入を行い、三菱重工業は部品の製作および、試験・最終組立を行います。

MRJの紹介とともに私の業務をご紹介したいと思います。MRJは、環境・乗客・エアラインに対して新しい価値を提供するというビジョンのもと、開発を進めています。技術的な面では、優れた運行経済性を目指したエンジン開発を進めております。他にも技術面では、整備、サポート、そしてフライトデッキを重点項目にしています。また、快適な客室環境にも取組んでいます。

フライトデッキは私自身が担当している分野です。フライ・バイ・ワイヤを採用して人間中心設計、状況認識性の向上、ワークロードの低減をめざしていますが、本来の目的は安全性をいかに向上するかということにあります。

先の基調講演で稲垣先生から航空機の動向を具体的にご紹介いただいておりますので、私からは、いままさに飛行機を造っている設計現場の立場で、考えるべき事項をふまえ、紹介できればと思っています。

森本　淳　氏
三菱航空機株式会社　装備設計部
電子装備グループ　グループリーダ

1958年、大阪府生まれ。神戸大学計測工学科修士課程修了後、三菱重工業名古屋航空宇宙システム製作所入社。ヘリコプタ開発チームで、アビオニクスのシステム開発を担当。以降、ヘリコプタの開発・改造・維持設計業務に従事し、機種担当課長、ヘリコプタ電子装備設計課長を歴任。また、事業所の電気装備分野の技術統括も歴任。2007年、ＭＲＪ設計チーム立上げ時に、電子装備グループリーダとなり、2008年、三菱航空機(株)発足、現職に着任。電子装備グループは、電気・電子装備品のシステム設計及び艤装設計(含むコックピット・インテグレーション)、電磁適合性設計を担当。

（荒井）ありがとうございました。続きまして、田中様お願いいたします。

（田中）「アトム」や「スーパージェッター」に憧れていた世代の人間で、大学時代はロボットの開発が始まった頃ということもあり、ロボット関係の研究をしていました。その後、自動車会社に入社し、最初は足回りを担当していましたが、しだいに制御系に移り、最近ではインフラ協調システムやITS（高度道路交通システム）関係など、特に予防安全系の開発を担当しています。我々の先輩が馬の話をよくします。「人馬一体」という言葉がありますが、人が乗って指示をしなくても、馬は窪みがあったらそれを避け、乗っている人が気を失っても帰ってくるものです。簡単ではありませんが、そのような車ができれば理想だと思います。今日はシステム化が進んでいる航空機や鉄道分野の取組みを勉強しにきたつもりでいます。私からは、自動車における過信・依存といったところを中心にお話しさせていただければと思います。

田中　宏明　氏
トヨタ自動車株式会社　東京技術部
安全・新技術グループ長　担当部長
東京大学大学院工学研究科修了後、トヨタ自動車(株)に入社。1989年、ソアラ・アクティブのアクティブリヤステア（世界初）の内製開発リーダー。1991年、ステアリング系先行開発に従事。1992年、FISITA'92（ロンドン）にてソアラの総合制御システムで論文賞受賞。1993年、プリウス用電気PSの内製開発を担当（トヨタ初）。1999年、シャシー開発室室長。内製シャシー部品全般を担当。2001年、インテリジェントヴィークル・運転支援システム企画に従事し、その後、運転支援・ASV・予防安全分野を担当。2004年、予防安全機能主査。2006年より現職。

（荒井）ありがとうございました。それでは、パネルディスカッションを始めさせていただきます。まず、先ほどの稲垣様の講演に対して質問がきております。人間の本質というところに触れていただきましたが、そもそも日本人や欧米人など、文化的特性を含めて人間はそれぞれ異なります。さらには、性別、年齢差といった違いもあります。自動化を進めるに際して、そのような違いをどのように考えたらよいのでしょうか。

（稲垣）同じ人間でも、「日本人と欧米人は違うか」と言われると、確かに違うと思います。例えば、人が何か新しいことを学んだ場合、日本人であれば9割方分かっていても、「あなたはこれについて分かりましたか？」と問われて「分かった」とは言いません。完璧に分からないと「私分かりました」とは言わないのです。一方、雑駁ではありますが、特にアメリカ人は少しでも分かったら、「分かった！分かった！」と答えたりします。このような場面で、特に顕著な違いが出てくるかもしれません。自動化のシステムは相当複雑になっており、膨大な知識が要求されます。そのような状況では、なかなかきちんと分かった気がしないのです。例えば、航空関係のキャプテンたちが、「あなたは自動化のシステムを分かったのか？」と聞かれたときに、「ちょっと分かったような気がしないところがほんの少しあります」と答えたことを誤解され、「機長でもわからない機能があるらしい」と、おもしろおかしく報道されたことがありました。このようなところで、文化的な特性が出てくるかもしれません。

性別差についてですが、私の知っている女性の研究者は非常に優秀な方が多く、航空機のパイロットライセンスを持っている方もいます。私の知る限りですが、女性と男性の違いは分かりませんでした。

一方、自動化のシステムあるいは機械に対しては、日本人と欧米人ではイメージが違うだろうと思っています。日本人にとっては、「鉄人28号」、「鉄腕アトム」や「ドラえもん」が典型例ですが、ロボットは友達として人間と一緒にいるイメージとなっています。ロボットに人間と同じような名前をつけて呼ぶこともあり、ロボットに攻撃されるようなイメージは持っていません。最近、自動化のシステムに対する考え方として、「ど

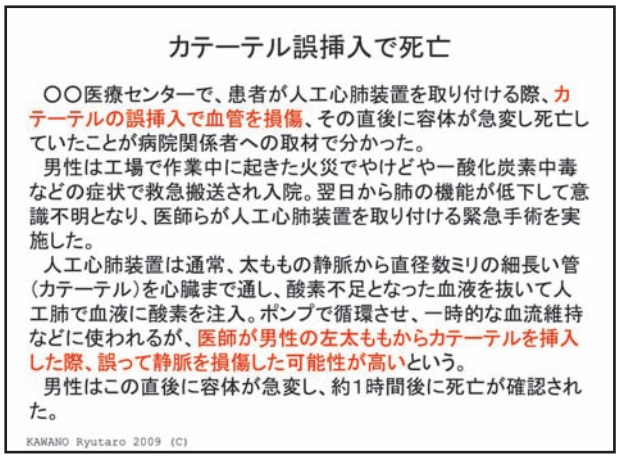
こまでを自動化するのか」、あるいは「権限をどうするのか」などについて国民性が表われると感じています。

（荒井）ありがとうございました。稲垣様にはこれから皆さまのプレゼンテーションの途中でコメントをいただきたいと思います。

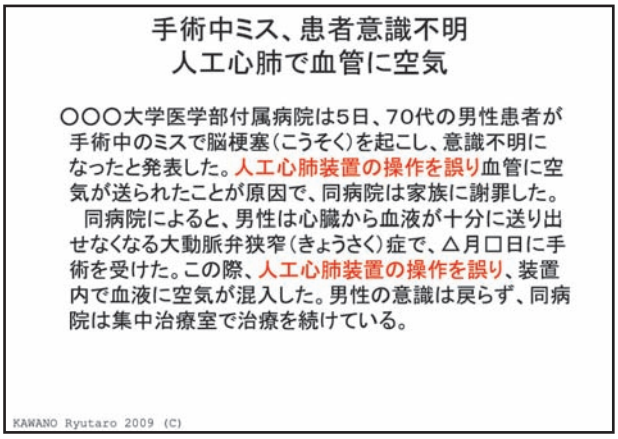
3. エラー防止とHMIについて

（荒井）最初に、「エラーと適切なヒューマン・マシン・インターフェースの関係」についてお話を伺います。エラーといえば、人の不注意が原因だと考えられていますが、不適切な設計が人のエラーを引き起こすという面も指摘されています。重要なヒューマンファクター、ヒューマン・マシン・インターフェースのデザインなどについてお話をしていただきたいと思います。最初に河野様、お願いいたします。

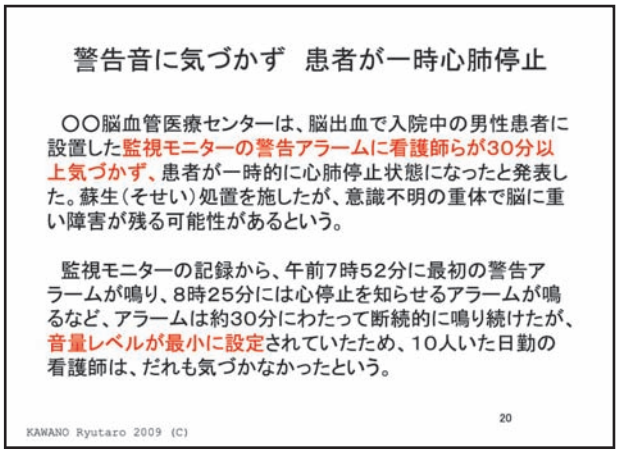
（河野）私は、自分が医療の世界に入るとはまったく予想していませんでした。以前は航空と原子力の世界で働いてきました。いまは医療の世界で仕事をしていますが、医療のシステムを見ることによって、管理の重要性が理解できたのでないかと思います。今日は、医療事故の紹介、インターフェースの問題、そして「エラーはなぜ起こるのか」について説明させていただきます。



上のスライドは「カテーテルの挿入後に死亡した」という記事です。おそらく皆さまもこのような記事をご覧になったことがあるかと思います。カテーテルを太ももから入れる時、失敗したという事例です。このような事例は、ほかにもたくさんあります。

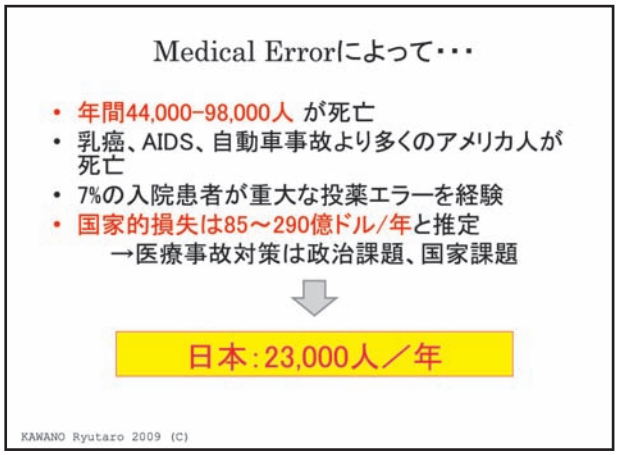


また、ある大学病院で起こった事故事例を紹介します。心臓のバルブを取り替える時に心臓と肺を停止させ、この機能を人工心肺装置で代行させながら手術します。臨床工学技士が操作を誤って、途中で空気が入ってしまった事例です。脳の中に空気が入り、意識がなくなったという事故が起こりました。もちろん、医療業界ではこのような事故を重要視していますが、事故の起こった原因を個人の問題とする傾向が強く、エラーに対する考え方に大きな問題があると言えます。

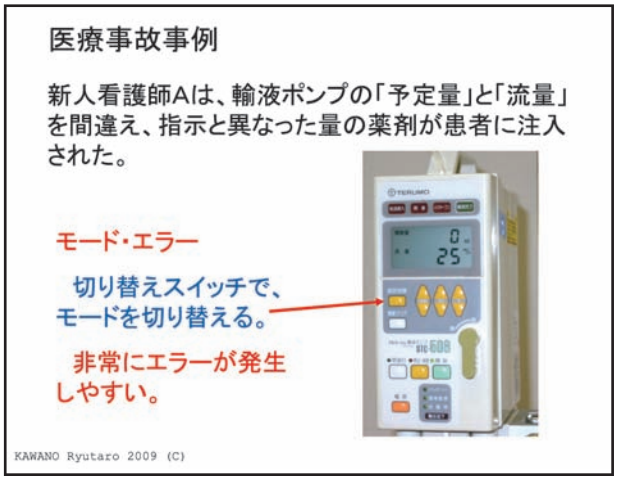


心電図モニターのアラーム音に気がつかず、気がついたときにはもう手遅れだったという例もありました。病院内で医療機器が使われる環境もよくありませんでした。異常が発生した場合、アラームが聞こえなければ対応できませんが、アラームが鳴り続けると患者からクレームがきます。そこで仕方なくアラーム音を小さくしていて、異常に気がつかなかったのです。このような悪循環となってしまっていて、現在の診療報酬体制ではほとんど解決が難しくなっています。

1999年に米国で出版された本によれば、医療事故はほとんどシステムの問題であると結論づけています。私は、医療の世界においてシステム化はたいへん重要であると強く思うようになりました。



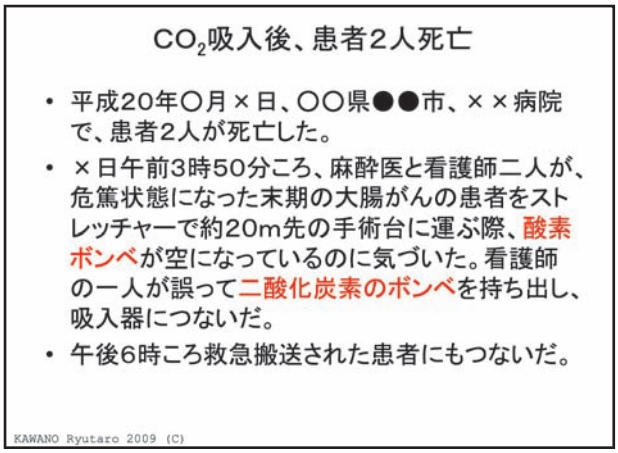
そして、ある研究では医療事故によって年間44,000人が亡くなっていると報告されており、別の報告では98,000人ではないかというデータが紹介されています。この報告では医療事故の方が自動車事故よりも死亡数が多いとあります。日本では、厚生労働省の研究班が年間23,000人が死亡していると報告しています。この数字はジャンボ機が毎週墜落しているほどの数になります。



今日はインターフェースが話題ですので、インターフェースで起こっている医療事故例を紹介します。新人看護師が輸液ポンプの流量を間違えたという事例です。先ほど、稲垣先生から「バーティカル・スピードとフライト・パス・アングルを間違えた」という事例が紹介されていましたが、これはモード・エラーというもので、同様の事故が医療でも起っています。人間の持っている特性に合ってないために起ったと言えます。

上図は、人工呼吸器の呼気と吸気を反対に接続したという事故事例です。ヒューマン・マシン・インターフェースの観点から見れば、はじめから反対に接続できないようにパイプの太さや形を変えることが普通の考えだと思います。ところが、医療の世界ではヒューマン・マシーン・インターフェースの観点から見直すことがとても遅れています。逆に言えば、いかにインターフェースをきちんと作らなければならないかがよくわかります。

上図はある大学附属病院で1歳数か月の子どもが死亡したという事例に対する対策です。腸に入れなければいけない薬を血管に入れてしまったのです。挿入口が同じサイズだったことが問題であったため、サイズを変更しました。人が亡くなると対策をとることを、航空業界では「墓石安全」と言いますが、医療業界でも同様のことをずっと行ってきました。これらの事故は設計さえよければ防げる事故と言えます。

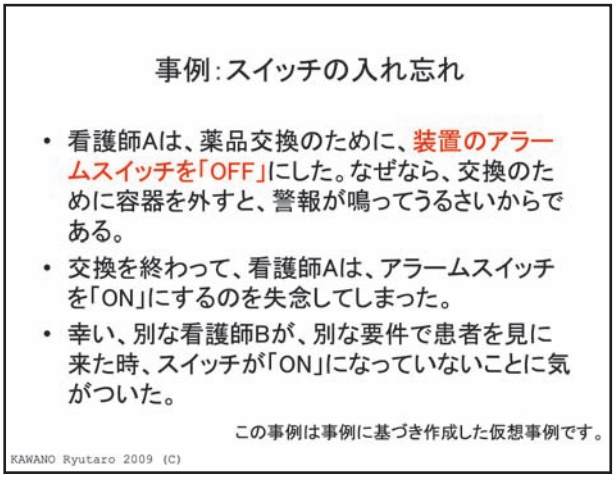


上のスライドは、患者の酸素ボンベが空になったので、看護師が新しいボンベを持ってきましたが、その新しいボンベが二酸化炭素だったという事故例です。

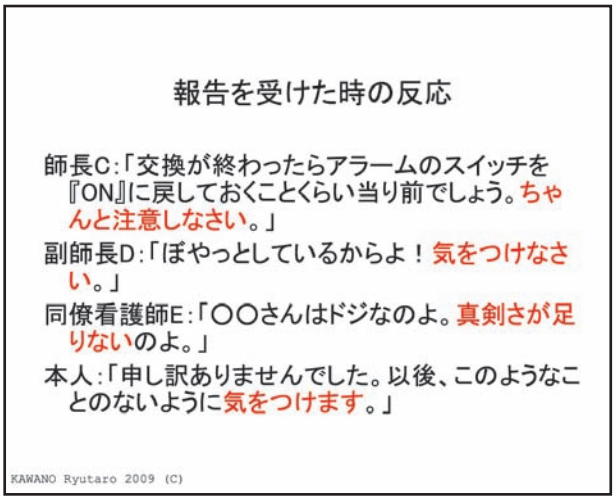
なぜこのようなことが起こるのだろうと思うかもしれませんが、人間の行動には特性があるということがポイントとなります。上の写真のように病棟では、酸素がグリーンで表示されています。おそらく看護師は、「空になったボンベを急いで取替えなければ、患者が大変なことになる」と思い、一生懸命に仕事をしたのでしょう。

業者と協議し、ボンベに表記されている業者名を変更

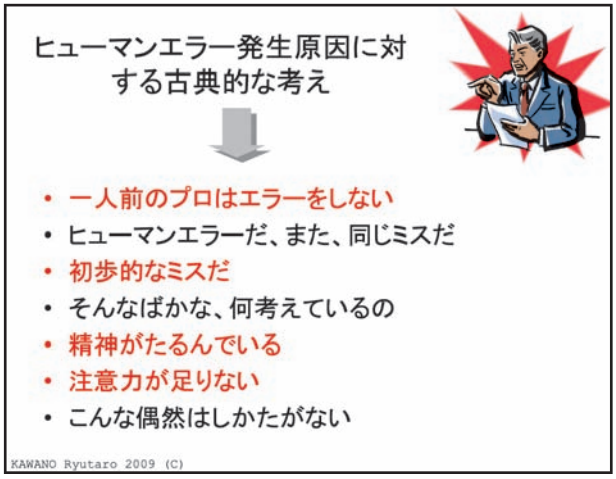
そして、看護師が持ってきたのはグリーンのボンベでした。そのボンベには、「○○酸素」と記載されているのですが、日本の工業規格に従って二酸化炭素が入っていました。医療の世界では、このようなエラー誘発環境がたくさんあり、これまで個人の問題として、「気をつけなさい」という指導だけで対策をしていました。ボンベの会社名表示を○○酸素から、○○商事に変えるなどの努力はしていますが、なかなか難しいのが現状となっています。私は医療関係者に、「エラーに対する考え方を変えてほしい」と一生懸命訴え続けています。



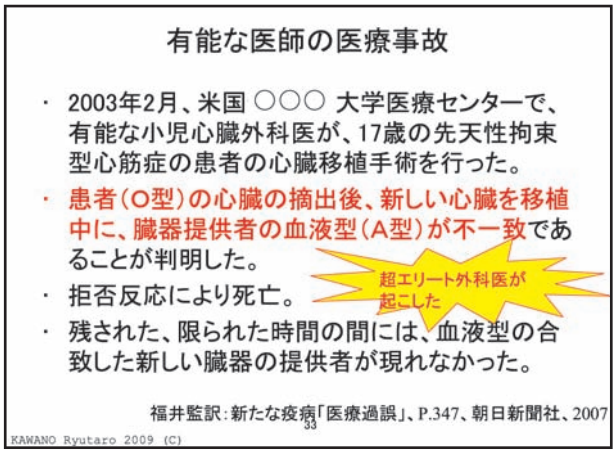
上のスライドはスイッチの入れ忘れの事例であり、ヒアリハットとして報告されました。



この事象に対して、医療従事者は「ちゃんとしなさい。気をつけなさい」という古典的な反応をします。私はいままでいろいろな業界で仕事をしてきましたが、医療従事者ほどまじめな人が多い業界はないと思っています。

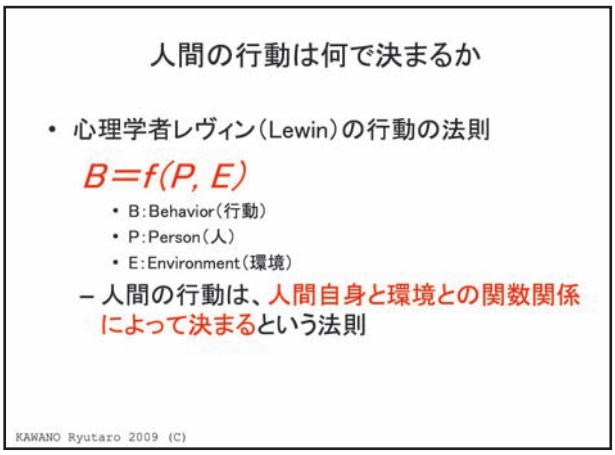


ところが、医療業界では、「一人前のプロはエラーをしない」、「エラーをするようでは一人前ではない」、「初歩的なミスは精神がたるんでいるから起こる、注意力が足りない」などの古典的な反応が主流です。病院長でも堂々とこのようなことを言う人がいます。それに対し、私は、「考え方を変えてほしい」と主張しています。実は、一人前のプロはエラーをしないという理屈はまったく成り立たないのです。

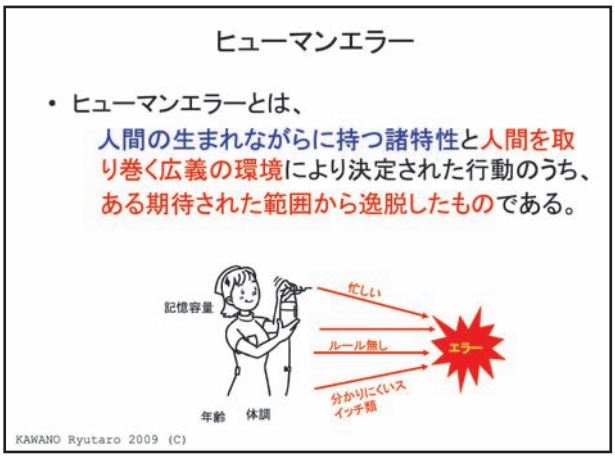


○○大学においてたいへん著名な心臓外科医が事故を起こしたという事例があります。患者の心臓移植を行う際、心臓を取り出した後に、新しく入れる心臓の血液型が違うということに気がついたのです。このようなエラーはベテランの医者でも起こりえるのです。

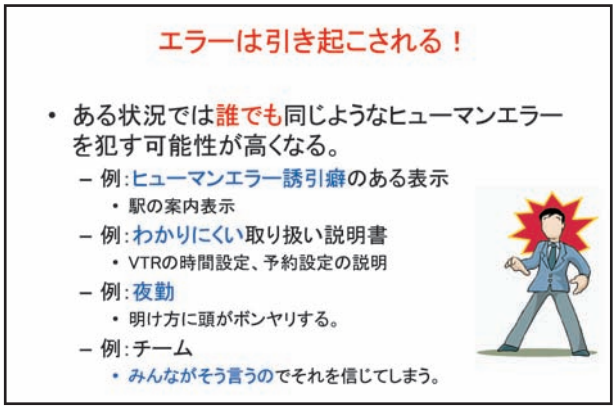
私は、医療関係者の間に立って、「超エリート外科医でもエラーを起こす。システムで考えましょう」と訴えています。医療界では「ちゃんと注意しろ」、「気合を入れろ」、「ボケっとするな」という精神論が非常に強く、「竹やり精神型安全」でこれまでやってきました。「竹やり精神型安全」は、確かに大事なことですが限界があるということを理解してもらわないと困ります。私は、「ヒューマンエラーとはなにか」という基礎的なことを一生懸命、医療関係者に説明しています。



そのとき、レヴィンのモデルなどを用いて行動を理解しなければ、ヒューマンエラーを理解できず、行動は人間の変数と環境によって決まると説明しています。環境が大事であり、また、人間の特性も重要で先に理解してほしいと説明しています。



ヒューマンエラーが起こる原因は、人間の本来持っている特性が環境と合っていないことだと考えています。特に、医療業界では非常に多いと思います。「ヒューマンエラーは『原因ではなくて、結果です』という考え方に変えてください」と盛んに話しています。

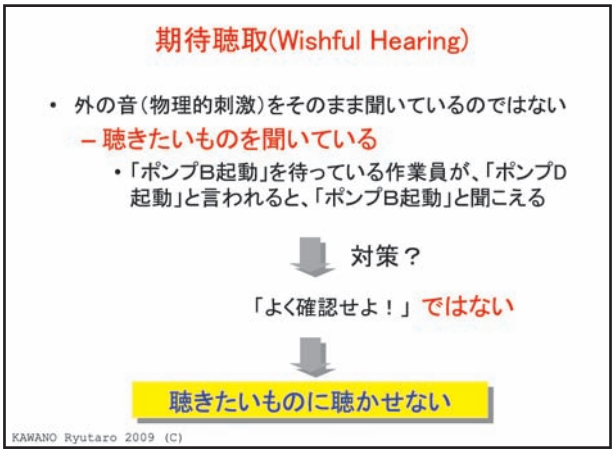


ある状況では誰でも同じようなヒューマンエラーを起こす可能性が高くなるのです。まぎらわしい表示、わかりにくい取扱説明書、夜勤、チームでの仕事などがヒューマンエラーを引き起こしやすいという感覚を持ってほしいことも医療関係者に話しています。

鉄道の例を紹介します。私はとても急いでいてJR長野駅へ向かおうと一生懸命走っていたのですが、上図の表示をみて右に走ったところ、公衆トイレしかありませんでした。私の行動は、私の持っている特性と環境で決まります。人間はゲシュタルト特性という「距離的に近いものをひとつに見る」という特性を持っています。長野駅という表示のすぐ近くに右向きの矢印があったので、それを見た瞬間に走ってしまったのです。

このようなエラーをなくすのは簡単であり、駅名と矢印の間に、線を一本引けばよいのです。これをデマケーションと言いますが、このような工夫をすればエラーが防げる事例がたくさんありますので、人間が注意するだけでなく、環境を変えることも考えてほしいと思います。

また、別の事例を紹介します。医師は、薬剤を1/2筒のつもりで「ハントウ」と言いましたが、看護師には、「サントウ」に聞こえてしまい、エラーが発生してしまったのです。この事象も個人の問題ではなく、システムの問題で変えなければいけないと考えています。



このような環境では、「期待聴取」という人間の特性が出ます。この特性を否定することなく、対策を考えなければいけません。私はこのような環境をいろいろと見つけながら、医療関係者に環境改善の重要性を一生懸命説明しています。エラーは人間の持っている特性と環境が影響しているのです。インターフェースもまったく同じだと思います。

(荒井) ありがとうございました。稲垣様、ただいまの河野様のお話について、コメントをお願いします。

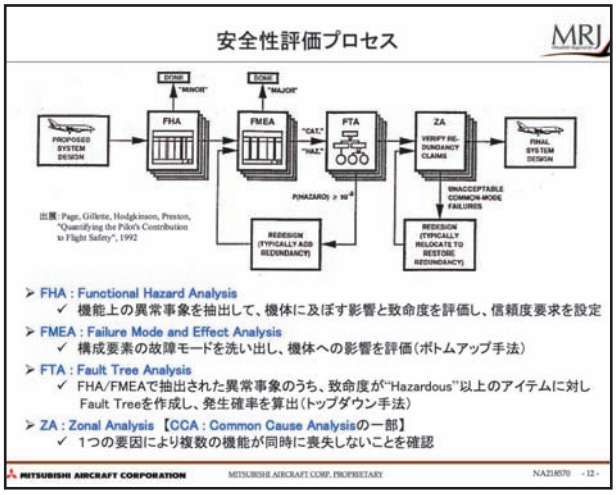
(稲垣) 患者一人に対する装置がある、現行のアラームでは、看護師が患者をまわっていかないとアラームに気がつきません。例えば、情報を集中させることで、ナースステーションに一元的に表示させるなどの仕組みを導入することは難しいのでしょうか。

(河野) 実際には心電図モニターなどではやっています。しかし、たとえば、看護師の夜勤勤務では30名～40名の患者を2人で診ており、患者の対応でナースステーションに看護師がいないブラインド・タイムができてしまっています。いまの医療は限界がきており、このような状態を解決するためには国民全体で考えていかなければならないと思っています。

4. 短期的・即時的な影響とその対策について

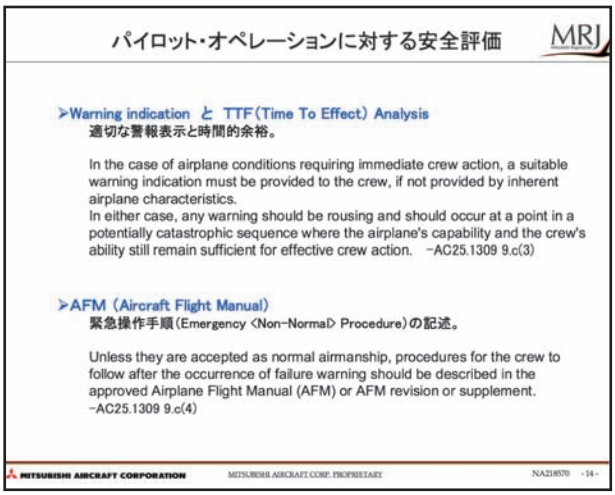
（荒井）次に、システムを構築していく際、人間の特性の考慮が不足した場合に生じる影響についてお伺いします。システム化、自動化、人間に及ぼす影響などについて、例をあげながら、システム設計上の重要なポイントを紹介していただきたいと思います。森本様、お願いいたします。

（森本）機械と人間の役割について、稲垣先生の基調講演において「人に決定権を持たせる」、「システムのモニター」などのお話がありました。実際の航空機は、どのようなことを行っているかを紹介したいと思います。



航空機においては、「安全性評価プロセス」が設計の基本です。故障が発生した場合、どのようなことになるかを考慮しながら、一連の流れとして航空機を設計しています。この安全性評価プロセスを確実かつ徹底的に行うことが基本となります。その中でも特に重要なFHA（Functional Hazard Analysis）をどのように考えるかを具体的に紹介します。

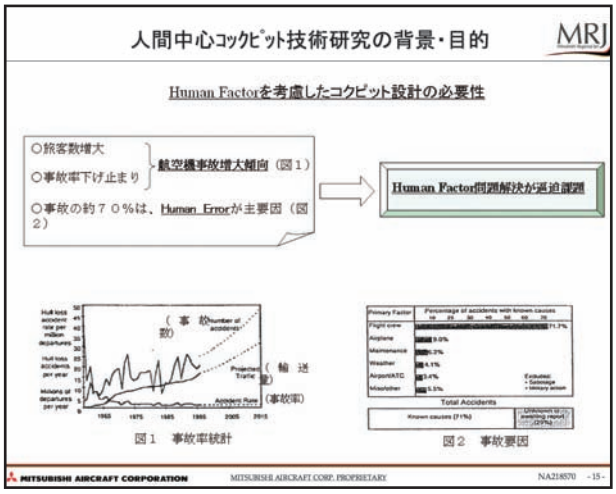
最初に、システムにどのような故障が発生し得るかについて考えられることをすべて書き出すという作業を行っています。故障状態を設定し、パイロットがどのように状況を認識し、また、その故障に対してどのように処置をすればよいかについて考えます。故障が生じた時に、飛行機がどういう状況に陥り、また、飛行機がCatastrophicな状況に陥るかを徹底的に検討します。さらに、これは、すべての機能について検討します。例えば、トイレについても同様です。飛行機でタバコを吸うことは禁止されていますが、汚物入れにタバコを間違えて捨てるお客さまがいたら、「火災になったらどうするのか？」、「火災検知器はいるのか？」など徹底的に検討します。



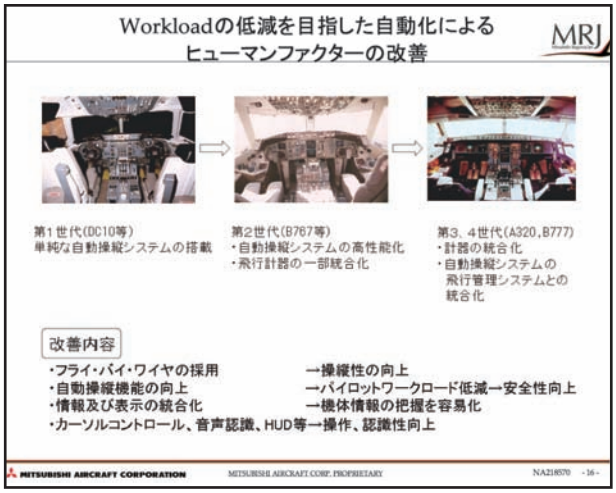
一方、パイロットに対する安全評価として、まず適切な表示が要求されます。また、飛行機がCatastrophicな状況で警告が出た場合の時間的な余裕が必要です。

パイロットの適切な操作をしっかり解析されているかどうかが重要です。これらをマニュアルに確実に記載していくことが求められます。これらは、航空機会社で行われてきたにもかかわらず、いまだに事故報告されているのが事実ですが、安全評価を徹底的に行うことが安全設計の基本であることには変わりありません。コックピットの設計は、これら安全設計の検討がなされている前提のもとで進められています。

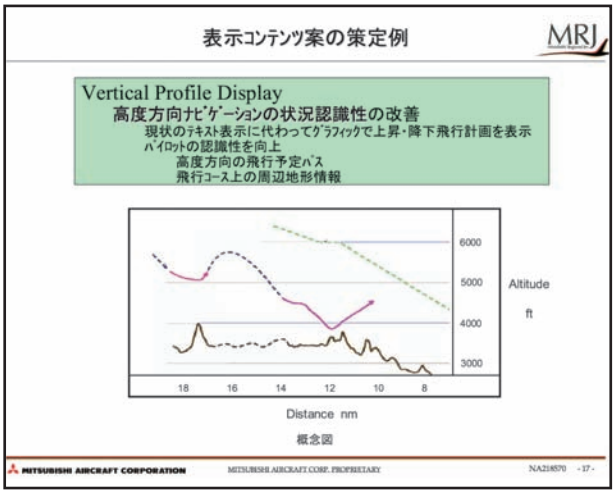
人間中心のコックピットという観点で稲垣先生からご講演がありましたが、MRJでも同様の観点で検討を進めています。稲垣先生にはMRJでもいろいろな面でご指導いただいています。



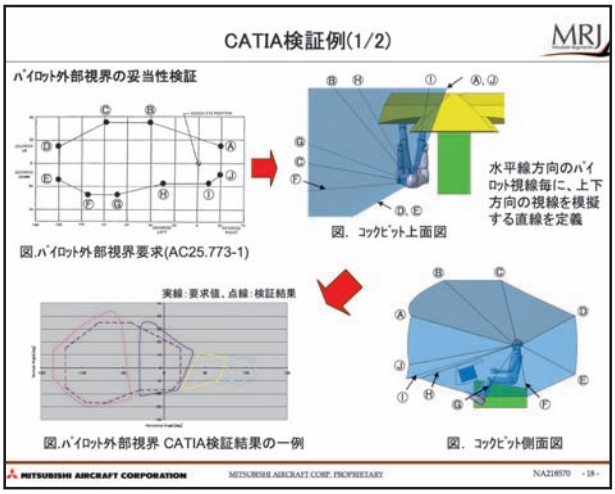
最近の事故は減少傾向にあるにもかかわらず、ヒューマンファクターに関わる問題は相変わらず多い傾向にあります。このヒューマンファクターに対する問題を解決していかなければならず、MRJもこの活動を進めています。



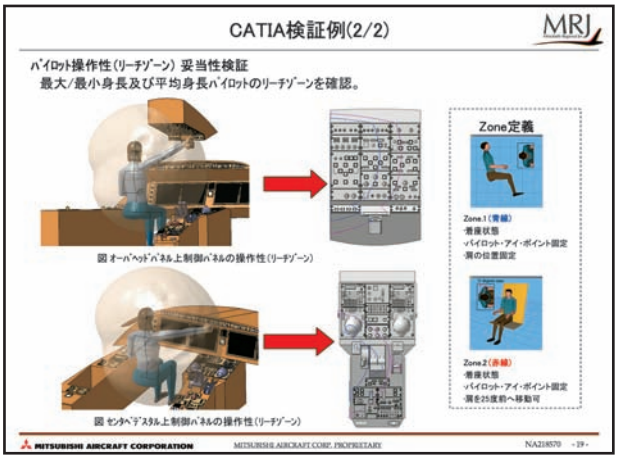
飛行機のデザインは、第1世代のDC10から第3世代、第4世代に変遷しています。MRJは第4世代であり、ほぼすべてがグラスコックピットになっています。ヒューマンファクターに関わるものとして、フライ・バイ・ワイヤの採用、自動操縦、飛行情報の統合、カーソルコントロール、音声認識、HUDなどの技術検討を行っております。音声認識の採用は厳しいと考えていますが、それ以外の項目はMRJに取込もうと考えています。



上図は表示コンテンツ案の例ですが、設計中のため、概念図で示しています。これは、設定されている機体の高度から、地形が近づいてきたときに警報を出す機能です。このような機能を種々検討し、表示に反映します。



人間中心コックピットの検討の最初は、人間をどのように配置するかです。まずは、鉄道でも同様と思いますが、視界です。3D-CADの設計段階から視野の妥当性を評価します。基本的に、視野の妥当性は標準に定められていますが、標準に対して、設計されたデザインが問題ないことを3D-CADを使って評価します。



そして、人間中心の操作が確実にできるかについても評価していきます。上の例でゾーン1とは、パイロットがシートベルトをした状態で手が届くところを、ゾーン2は25度くらい体を前に倒した状態で触れるようなエリアを示します。ゾーン1とゾーン2にわけ、実際に操作して評価します。ここで先ほどの質問にありました、外国人と日本人の体型の差、男性・女性の体型差なども話題となります。航空機には米国の標準単位があり、その標準に沿って航空機を造りますが、標準単位には幅があり、ユーザ参画のシミュレーションで実際に体験してもらい、インターフェースを評価しています。

(荒井) ありがとうございました。すでに三菱リージョナルジェットは、全日空、そしてアメリカの航空会社からも受注されたという記事が新聞にありました。パイロットの体型の話が出ましたが、アメリカと日本のパイロットの体型では相当差がありますが、体型に合わせてコックピットを設計されるのでしょうか。あるいは、それらの体型を想定しながら製作するのでしょうか。

(森本) 想定しながら製作すると言った方が正しいかと思います。米国で標準体位は決まっております。ただし、幅を持たせており、日本のユーザが使う時にはどのような座り方だったら大丈夫なのかなど考えて設計しています。前に動かせる幅、後ろに動かせる幅、シートを上げ下げできる幅など、座席の移動幅を調整することによって、女性パイロットでも座れるという確認を実際に行っています。

(荒井) MRJの販売ターゲットは70～90人のリージョナルジェットですが、この定員ゾーンは非常に価格の評価が厳しいゾーンだと聞いています。このような国際的競争が激しい中で、人間中心の設計をしていくためにはどうしてもユーザ側の声に耳を傾けていくことが重要だと思いますが、コストなども加味し、どのあたりまで反映させていくのか教えていただければと思います。

(森本) なかなか難しいのですが、価格的に厳しいゾーンを狙っていると思います。とは言え、確実に安全なものを造ることが、恒久的にはコストに効くと思っています。事故が起きれば、経費的にも重大な問題になります。技術検討と初期の開発で手を抜けば、重大な事態になることを考えながら設計しています。Lean手法などによりコストダウンは当然行っていきますが、そのために設計に対して手を抜いてしまうと、大変な事態を招いてしまうのです。いかにコスト削減するかに対しては、仕様を確実に決めたうえで、迅速に生産することが重要であると思います。また、ユーザの意見を早い時期に確認し、仕様に反映していくことも行います。これらが結果的にコスト的なメリットになると考えます。

(荒井) ありがとうございました。稲垣様いかがですか。

(稲垣) 森本様から、「航空機の中で異常が発生したとき、どのようにパイロットに情報提示すれば、状況や原因がわかりやすくなるか」ということに対するご苦労があると伺いました。

普段のコクピット

私は少々異なる視点でエアバスの事例を紹介します。普段のコックピットはディスプレイにさまざまな情報が表示されています。

情報表示系と自動系の喪失

ところが、ある時にパイロットの前のディスプレイの表示がすべて消えてしまうという事態が発生しました。パワーロスが原因で起こりましたが、航空機の姿勢やエンジンの状態もわからない状況でした。このような場合には、上図の赤丸で示したスタンバイの機器があり、グラスコックピット機を継続的に運航し続けることができます。最近、このための訓練がどうしても必要になるとよく言われています。MRJのご紹介でもスタンバイ計器が付いているのを見ましたが、設計する場合には多様な支援情報がグラスコックピットの中で出せる分、これら計器が故障した場合を考えてシステム設計しなければなりません。設計時のご苦労があれば、ぜひご紹介いただければと思います。

（森本）先ほどのEmergency Procedureは、機能が喪失したときに何をするかを考えるのが本来の目的です。例えば、両エンジンが喪失したときに、どのように飛行安全を確保できるのかを考えます。また、エンジンがなければ発電機が回らないので、飛行機の外側にラム・エア・タービンという機器を装備し、発電機を回すなどで、飛行機を飛ばすことを考えます。ところが、このような検討を徹底的に行っても、どうしても検討漏れが残るという問題があります。とは言え、飛行機設計では、過去に発生した事故に対して、何らかの対策を確実に行い、検討漏れを少なくするようにいたします。

（稲垣）先ほど紹介しましたが、自動車でもバイ・ワイヤ技術を利用すると機械的なリンクがなくともステアリングの信号を車輪に伝えることが可能となります。電気系統が故障した際、どこまで担保しておくのかという設計もかなり難しいところがあります。機械的なリンクと電気的なものをいかに共存させるか、あるいは、どこまで残しておくべきかという思想はたいへん難しい問題であると思います。

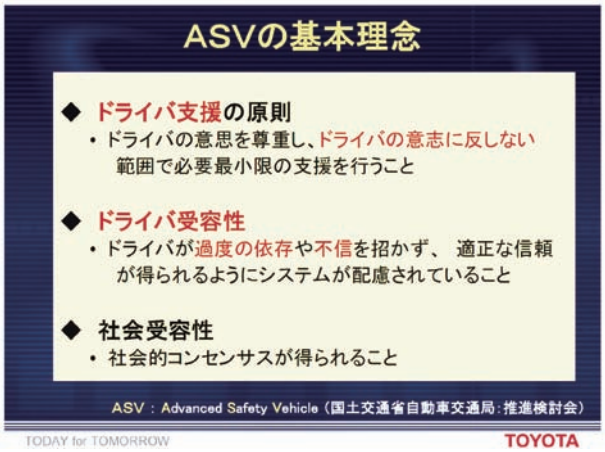
5. 過信や依存の問題、長期的な影響とその対策について

（荒井）ありがとうございました。続きまして、システムへの過信や不信などもキーワードになるかと思いますが、自動車という立場から、田中様にお願いいたします。

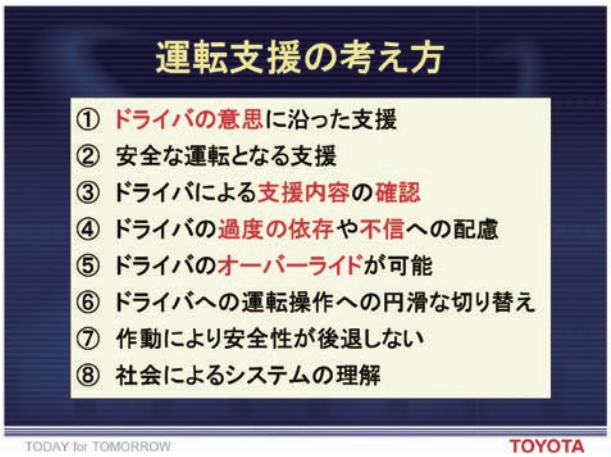
（田中）最初に、鉄道、航空機と自動車との違いについてお話します。自動車の特徴としては、時間の制約がない、自由度が高いなどのよい面がある一方、密度という観点では非常に密で時間的余裕がない、すなわち常にニアミスのような状態であることが特徴としてあげられます。また、操縦者という観点でみれば、18歳以上で免許を持っている人は全員運転ができ、年齢制限に上限がないことがあげられます。高齢化が進み、高齢者が車を使用し続けた場合にどのようになっていくのだろうかという課題があります。ただし、「いつでも、どこでも、誰にでも」ということでは、ある意味では自動車は元祖ユビキタスなのではないかと思います。

「安全への取組み」の3つの視点として、「車・人・環境」があげられます。特に「車」と「人」との関係（ヒューマン・マシン・インターフェース）では、歩行者と自動車間の通信や、車が人を見る「ドライバモニタ」もあり、まさに「人」と「車」のコミュニケーションの問題ではないかと思っています。

事故の発生前後で予防安全と衝突安全に分けた場合、事故が発生した後では、ドライバが対応できる役割は少なく、予防安全で人が果たすべき役割が多いと考えます。そこで、予防安全技術を中心に紹介していきたいと思います。

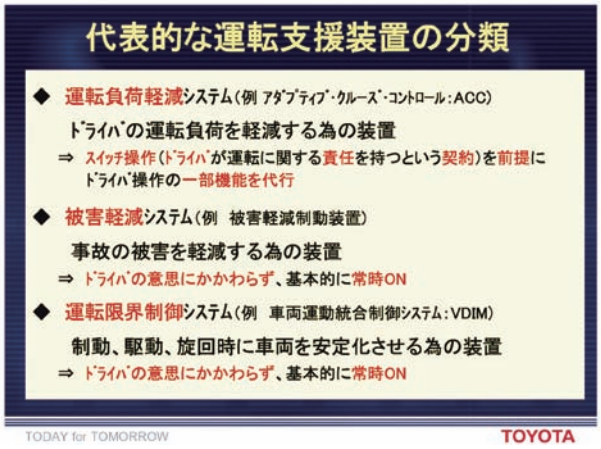


予防安全技術について詳細の説明に入る前に、まずASV推進検討会にて検討された「ASVの基本理念」について触れておきたいと思います。これは、ドライバ支援の原則、ドライバ受容性、社会受容性という３つの原則の理念に基づいて考えられています。



この内容をさらにブレークダウンしたものが、「運転支援の考え方８項目」というものです。運転支援の考え方には、「ドライバの意思に沿った支援」、「ドライバ

による支援内容の確認（支援内容がしっかりとわかること）」、「ドライバに過度の依存や不信を招かず、適正な信頼が得られるようにシステムが配慮されていること」、「ドライバのオーバーライドが可能である」などがあります。1968年のウィーン協定における「ドライバ主権」の中には、「ドライバは安全な車両運行に関して最終的な責任を引き受けなければいけない。そのために、『人命を危険にさらしたり、公私の財産に損害を与えたりするような行為をしてはならない』などの義務を果たさなければいけない」と謳われています。



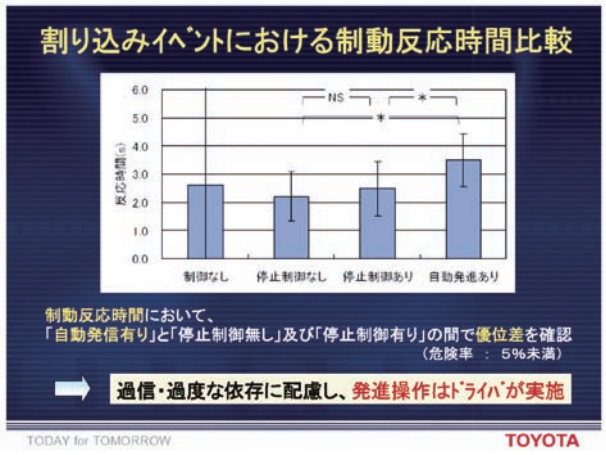
「代表的な運転支援装置の分類」において、ドライバの運転負荷を軽減するための装置としてACC（Adaptive Cruise Control）があります。この装置は、システムを起動させるためにスイッチ操作を必ず必要とするようになっており、このスイッチ操作には、「ドライバに対し、『運転において自分で責任を持ちますが、一部機能を代行してください。』という契約をする」という意味合いがあると考えられます。次に、事故の被害を軽減させるための装置である「被害軽減システム」があげられます。このシステムは、場合によってシステムのOFFが可能となるスイッチが装備されることもありますが、基本的にはドライバの意思にかかわらず常時ONとなっています。最後に、「運転限界制御システム」があげられます。例として、車両運動統合制御システム（以下、VDIM）を紹介します。このシステムも、ドライバの意思にかかわらず基本的に常時ONですが、この装置については「制動、駆動などに関してＦ１ドライバのような一部の特殊な技能を持った人を除けば、人間よりも機械の方が上手く制御できる」という領域の話であると理解していただければと思います。

（1）運転負荷軽減システム

まず運転負荷軽減システムの紹介をします。ACCとは、基本的には従来、Cruise Control（定速で走行する）というものを目的にしたものから発展し、レーザーやレーダーを使って先行車を検出し（減速制御）、先行車がいる場合には先行車と一定の車間距離を保ちながら追従走行（追従制御）して、先行車がいなくなると加速をする（加速制御）装置です。

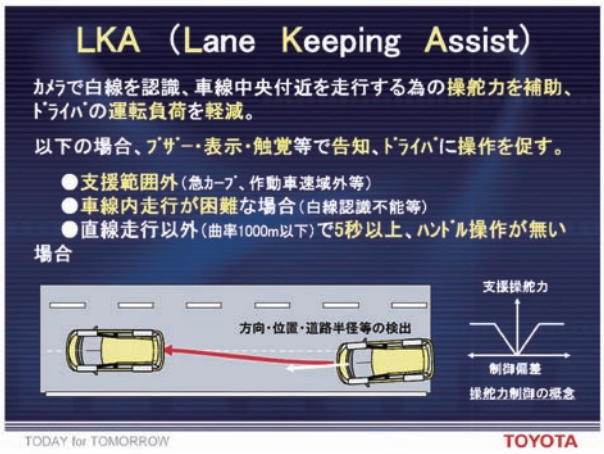
ここで、ASV技術に対する基本的な考え方（基本理念）から考え、本当に問題ないのかという調査をいろいろとした例を紹介します。JARI（日本自動車研究所）において、ドライビング・シミュレータを用いて実験調査をしました。

日常的に運転しているドライバ29名（平均年齢33.3歳、男性13名、女性16名）を被験者としました。まずは「イベントを発生させて制動反応の時間がどう変わるか」を調査した事例です。



上図に、急に前方から車が割り込んできた場合の結果を示します。制御がまったくない場合、停止制御がある場合・ない場合、自動発進がある場合で比較した場合、制動反応時間に「自動発進あり」と「停止制御あり」「停止制御なし」の間に危険率５％未満で優位差が確認できたため、過信とか過度な依存に配慮し、発進操作はドライバが実施する（ドライバの操作を残す）としています。

次に、レーン・キーピング・アシスト（以下、LKA）について紹介します。このシステムは、カメラで道路上の白線を認識し、車内のスイッチ（LKA）を押すことでレーンキープをアシストさせるというシステムです。定速走行している状態で白線から外れそうになったり、ある一定時間ハンドルから手を放していたりすると警報が鳴動するようなインジケータ（表示計）が車内に設けてあります。



LKAでは、以下の場合にブザー・表示・触覚などで告知し、ドライバに操作を促します。

①支援範囲外（急カーブ、作動車速域外など）

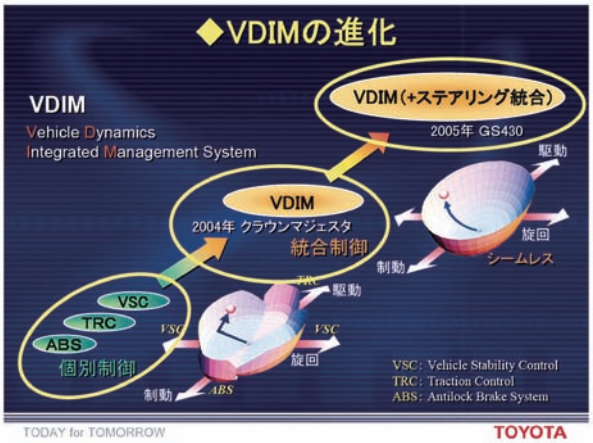
②車線内走行が困難な場合（白線認識不能など）

③直線走行以外で5秒以上ハンドル操作がない場合

（2）運転限界制御システム

運動限界制御システムの一例として、車両運動統合制御システムVDIM（Vehicle Dynamics Integrated Management）の紹介をします。制御のない車で、滑りやすい路面を走行することは、平らなプレートのうえでボールを転がすようなものです。この場合、ボールは淵から落ちやすい状態にあり、それは車両コントロールの限界に至ることを意味します。EBD（Electronic Brake Force Distribution：電子制動力配分制御）付きアンチロック・ブレーキ・システム（以下、ABS）は、制動時のタイヤロックを防ぐとともに、前後左右の制動力配分をコントロールします。トラクションコントロール（以下、TRC）は、滑りやすい路面での発進や加速時にホイールスピンを抑えて最適な駆動力を確保します。ビークルスタビリティコントロール（以下、VSC）では車両が横滑りしそうな状態になると、エンジン出力制御とブレーキ制御で車両安定性を確保します。ABS、TRC、VSC、これらの制御という壁を平らなプレートに設けることで、ボールは落ちにくくなりますが、制御が機能するのは、ボールが落ちそうになる限界付近からとなります。

しかし、VDIMでは、平らなプレートと制御の壁を、丸い「お椀」のような形状にすることで、ボールは常に安定方向にコントロールされ、シームレスな動きとなります。VDIMのない車は、車両の動きが不安定になってからコントロールを開始していたのに対し、VDIM装着車は、車両の動きが不安定になる前から滑らかにコントロールを開始するので、ドライバに意識させることなく、高い予防安全性能と、ハイレベルな操縦安定性を実現しています。



VDIMが行う減速時のステアリングコントロールは、加速時と同様に、左右の片方が滑りやすい「またぎ路面」でよくわかります。VDIMのない車が左右のどちらかが滑りやすい路面でブレーキングすると、制動力が大きい方に車が向きを変えてしまいます。これは、ブレーキの制動力の高い方が低い方よりも、より止まろうとするからです。VDIMがあれば、普通の路面をブレーキングするのと同じように、まっすぐ止まることができます。車がブレーキングした瞬間、VDIMが横滑りを検出し、車が向きを変えようとする逆方向にステアリングを操作して横滑りを抑えます。VDIMが自動的に前輪の角度を操作するため、ドライバによるステアリング操作はほとんど必要ありません。

VDIMで重要なことは、ABS、TRC、VSCの制御限界の壁の高さが決して高くなるわけではないことです。VDIMを過信してしまうと制御限界の壁を越えてしまった時に、さらにひどい事故になってしまうということです。VDIMが作動しているときには警報（ピピピピピッという音）を出して、「いまあなたは非常に危険な状態にあるのを装置が助けてくれていますよ」ということを知らせるような工夫をしています。

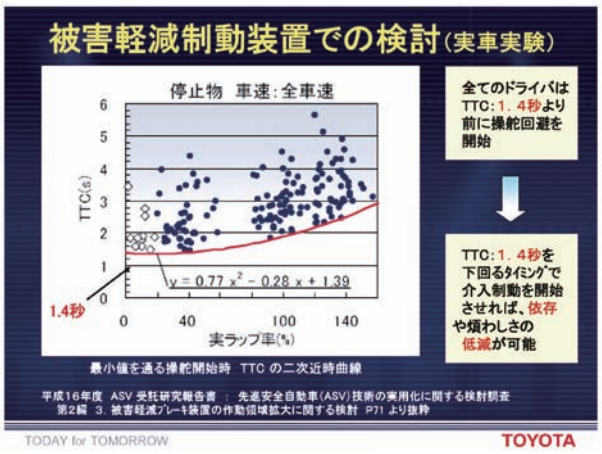
（3）被害軽減システム

被害低減システム（プリクラッシュセーフティシステム）は、ミリ波レーダやレーザレーダなどを用いて前方の障害物（車両など）を検出し、追突の危険をドライバに知らせ、被害を軽減するシステムです。最近では、障害物の立体形状をとらえるステレオカメラや、夜間の認識能力を高める近赤外線照射で前方の状況を監視し、さらに、障害物の検出精度や対象範囲（歩行者など）を拡大した高性能なシステムが開発されています。

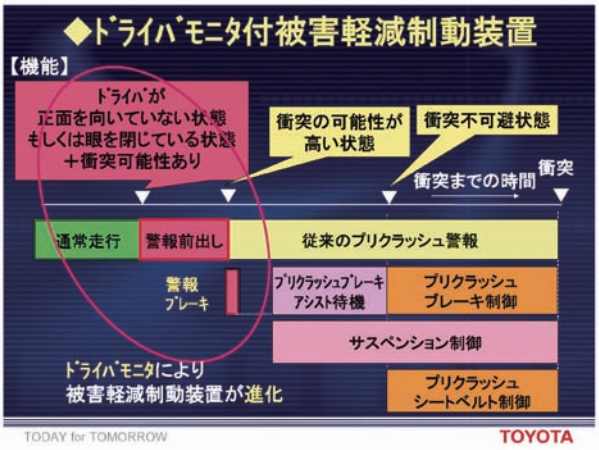
衝突の危険性が高いと判断すると、警報ブザーを鳴らし、ドライバのブレーキ操作をアシストして制動力を高めます。ブレーキ操作がない場合には、プリクラッシュブレーキをかけ、衝突速度を低減するとともに、プリクラッシュシートベルトの巻き取りにより、衝突の被害の軽減をはかります。さらに、ドライバカメラを設置することにより、ドライバの顔向きや眠気を検知し、より衝突の危険性が高いと判断した場合、通常よりも早いタイミングでの警報ブザーなどで注意を促したり、警報ブレーキをかけたりしてドライバに危険を知らせるシステムもすでに市販化されています。

ドライバモニタ付カメラについては、運転席に近赤外線のLEDを設けて、夜間でもドライバの顔を識別できるよう工夫がされています。

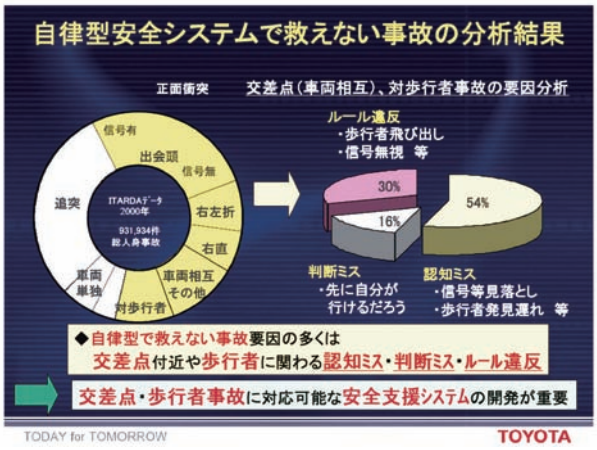
次に、被害軽減システムに関してヒューマン・マシン・インターフェースの観点によるほかの検討事例を紹介します。



TTC（Time to Crash：衝突予測時間）とは、前方の車に残り何秒でぶつかるかということを意味します。この時間は車速に依存します。ここで、ラップ率（自車と前方の車がどのくらいラップしているか）を変化させた場合に、ブレーキをかけずに操舵回避するのに、人間はどのくらい手前まで我慢できるかについて調べました。その最小値を採取すると、ラップ率が変化したとしても、ほとんどのドライバが1.4秒前までには操舵による回避行動を終了させているという結果が明らかになりました。すなわち1.4秒を少し下回るタイミングで介入制動を開始すれば、依存とか煩わしさというものを低減することが可能と判断し、数値を決定しました。



被害低減システムについて、当初は、結果的に衝突を避けられないタイミングで警報や介入制動を作動させていましたが、過度の依存や不信を招かない配慮をしたうえで警報や介入制動のタイミングを前出しすることで、かなり衝突回避に近い状態にまで進歩してきています。



しかしながら、自律型安全システムでは救えない事故として、見通しの悪い交差点における出会い頭の衝突、右左折衝突事故や右直衝突事故、対歩行者交通事故などがあげられます。こうした交差点・歩行者事故に対応可能な安全支援システムの開発が、現在の課題になっております。

現在ASVでも通信利用型安全支援システムの開発を行っています。具体的には、路−車間（道路と車との間）、車−車間（車と車との間）、歩−車間（歩行者と車との間）で通信するシステムが検討段階にあります。しかしながら、これらの通信利用型安全支援システムについても、今後、過信や依存について議論していかなければならない課題が数多く残されていると思います。

（荒井）ありがとうございました。自動車が医療と航空と異なるのは、普通運転免許を持っていればどのような方でも乗ることができる、つまり、さまざまな方を対象としているという点であると思います。田中様のお話のなかで「回避ができ得る」という表現がありましたが、「回避ができる技術はあるけれども、敢えて回避する段階までにはしない」という考え方であると認識したのですがいかがでしょうか。

（田中）いいえ、むしろ、過度の依存や不信にさえしっかり配慮すれば、事故回避が可能であるという意味です。実際、最近では低速で回避できるシステムも出てきています。人がシステムに対して過度の依存や不信を招かないことが保証できれば、決して回避してはいけないということではありません。ただし、そのことを証明することは決して簡単なことではないというのが現実です。

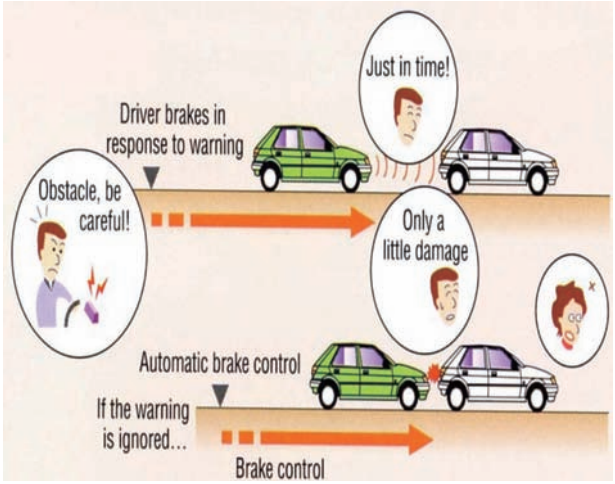
（荒井） 稲垣様、この内容についてはいかがでしょうか。

（稲垣） 過信の問題について田中様の話がありましたが、過信の問題にいくまでに重要なことが何点かあったと思います。例えば、「滑りやすい路面とそうでない路面を両方またがっているところを走行する際に、普通のドライバだと非常に制御が難しい一方で、システムが制御を行うと非常にスムーズにまっすぐ走行することができる」ということがあげられます。この例で重要なことは、システムが作動した時、「あなたの制御に対して補助しましたよ」ということをシステムが人に対して明確に伝えているという点です。仮に、システム側から人に伝えていなければ、人はあたかも「何も問題がない路面を走っている」と思ってしまうのです。それゆえに、システムは人に対して情報を的確に伝える必要があります。つまり、「システムが働いて制御の補助を行った」ということをドライバに的確に伝えることは非常に重要なのです。

また、システムが人に対して賢く自然な支援をすると、「システムの支援が働いた」ということが実は分からないことも興味深いこととしてあげられます。あたかも自分が制御したかのように勘違いして、実はシステムが制御したにも関わらず、そうでないように思ってしまうことがあります。この場合、「このシステムは無くてもよいのではないか、高いお金を払って買ったけれども、このシステムは不要なのではないか」という気持ちが人に生じてくる可能性があります。そのため、ヒューマン・マシン・インターフェースのデザインは非常に難しいと考えています。

次に、ドライバ主権についてご紹介いただきましたが、私が航空の領域についてお話した時には、「人に最終決定権がある」というような表現方法で「航空領域での人間中心の自動化」が進んでいるという表現をしました。「人間中心の自動化」は、「航空機における人間中心の自動化」と「自動車における人間中心の自動化」とは異なります。これがいまの田中様のお話の中で表現されていると思います。つまり、１秒や２秒の間で、ドライバ（人）からシステムに対して「これを何とかやってくれ」と言っている時間はありません。逆に、システム側から警報を出して、人に対して「何とか対応してくださいね」と伝えても、人がその警報の意味、さらには自分が何をしなければならないのかを理解して、そして体を動かすまでに時間がない場合には、実際にはシステムが対応してくれた方がよいのです。このように、「自動車の人間中心の自動化」というのは、航空機の領域とは少し異なるのです。

次に、過信についてですが、私も触れたいと思います。プリクラッシュセーフティについて、日本では前の車に衝突せずに停止させるだけの技術力はすでにあります。



しかし、敢えて前の車に衝突させて停止させるようにしています。これは、毎回衝突せずに停止させる仕組みにしてしまうと、「私が何もしなくてもシステムが回避してくれるのだから」とドライバが思ってしまうかもしれないからです。このような過信を抱かれては困るという思想から成り立っています。その中で、田中様もお話になりましたが、非常に低速域であれば、前の車が止まったときに後続車を衝突させずに停止させるシステムを、スウェーデンのVolvo社が製品化しています。

日本の自動車メーカにとって相当衝撃的なニュースだったと思います。日本において技術的にはすでに可能であったにも関わらず、なぜ、Volvo社のシステムが世界初であると言えるのかということが背景としてあげられます。しかし、Volvoのシステムについては、システムに頼っていてよいという感覚をドライバに持たせないために、かなり不快感が生じる程度の強烈なブレーキ（0.6G）をかけます。しかも、先行車との距離はわずか１mという本当に衝突するのではないかという停止のさせ方をします。そのため、「いざというときには助けてくれるが、日常的には使いたいシステムではない」という意味で、ドライバに過信を起こさせないような配慮があって日本に導入されていると聞いています。しかし、日本にはシステムに過信するということに対して非常に懸念するところがあり、自動化できるにもかかわらず、あまり自動化しないところがあります。一方、欧州ではシステムに対する過信についてはあまり議論せず、ドライバの責任であると割り切って、積極的に技術を導入していく風土があります。これは、「日本と欧州における文化の違いをどのように捉えるのか」ということに関心がとても集まっています。日本の企業は技術力があるにもかかわらず、技術の導入が遅れることで海外企業に対して負けてしまうのを防ぐことが、個人的には重要な問題ではないかと思っています。さらには、心理学のみならず法学（法律）の問題も絡み、非常に難しい問題になるのではないかという印象を持っています。

（荒井）ありがとうございました。いま、自動化やシステム化の影響についてお話をいただきました。過信や不信まで話はされましたが、森本様において何かありますでしょうか？

（森本）航空機の場合、まず設計段階において徹底的に検討したものをユーザであるパイロットにしっかり理解してもらうことが必要です。航空機、自動車、鉄道はそれぞれ異なるという点に起因するかもしれませんが、航空機の場合、パイロットが技術的な事項についてどこまで理解するかが重要となります。技術部門がパイロットに技術的な事項を上手く説明できないならば、パイロットは技術的な事項に対して疑心暗鬼になりかねません。技術者はパイロットに対して、どのように自動化になっているかということを分かり易く納得するまで説明する義務を負っていますし、パイロットは逆にそれを理解しようとしています。

（荒井）ありがとうございました。医療、航空、そして自動車とお話を伺ってきましたが、いままでの内容を鉄道に置き換えた場合、いかがでしょうか。

（楠神）まず、河野様のお話でヒューマンエラーの捉え方に関する話がありましたが、これはやはり重要であると思います。ヒューマンエラーは人の行動の結果生じたものであるため、「人の行動（ヒューマンエラー）の原因は人にある」と考える極めて深い特性が人間にはあります。しかし、人だけに着目していると、誤った対策をとる可能性もあります。そのため、「同じ事故の繰り返しをなくしていこう」といったことが課題になるのは、人に対してばかり着目して、もの（機械やシステム）に対してなかなか適切なアプローチがとれていないのかもしれません。適切なインターフェースデザインは、それなりに仕事が分かっているなかでデザインする必要があり、知恵やノウハウが必要となります。インターフェースデザインの構築ノウハウを高めていかなければならないと思っています。例えば、メンテナンス関係における車両や信号通信の分野では、誤配線や誤取付が問題になることがあります。どのように機器を取付けるか、あるいは結線の際に誤配線な

どのエラーを起こさないためにハード対策をどうしていくのか工夫をしていくことが必要になります。もちろん、すでに実施されている部分もあります。

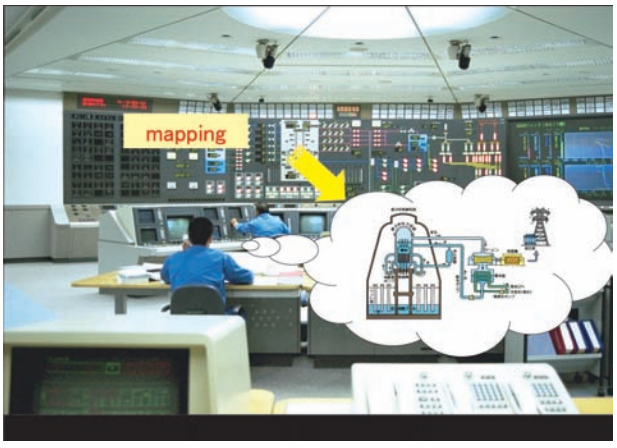
また、ウィッシュフル・ヒアリングというお話がありました。これは、人間は聞きたいように聞こえるということでしたが、「しっかりと聞いていれば聞けるはずだ」というだけでは限界があります。これは指令室での速度規制における場面でＪＲ東日本でも話題にあがっています。また、昨今、車両に搭載されている機器などでは、さまざまな警報音が鳴動しますが、音を聞き間違えないようにするためにはインターフェースとしてどのような工夫をしていけばよいのかといった観点もあると思います。それから航空機に関して、「パイロットに自動化システムをいかに理解してもらうか、それに非常に腐心をしている」というお話がありましたが、やはり鉄道においてもシステム化が進展していくと、コンピュータが相当上手く制御し、結果だけモニターディスプレイに表示されているということがあります。そこはシステムが対応しているのだからシステムがわかっていればよいと考えるのではなく、やはり人間中心の自動化の考え方に沿っていく必要があります。つまり、最終的には人間に頼ることがあるなら、システム動作のメカニズムやアルゴリズムなどについて、まず教育で理解してもらうとともに、インターフェースデザインに工夫を施すことによって、日々の作業を通してそれらの理解がしだいに深まっていくといった工夫も大切ではないかと思います。

最後に、過信に関してですが、鉄道において自動化が進んで過信が大きな問題になっているということはまだあまりないのかもしれません。しかし、今後システム化を進めていくにあたって、インターフェースによって過信を防ぐことができるというVolvoの事例（自動的にシステムは機能するが、人がシステムに頼りすぎないようにするため、システムが動作する際には不快な加速度・距離を設定し、工夫をしている）が参考になると思いました。

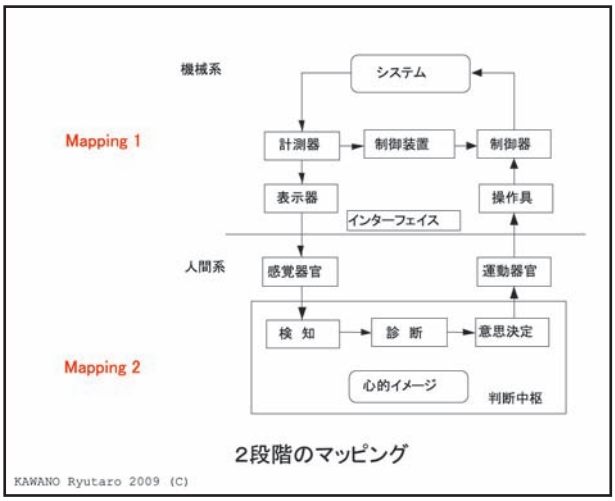
6. システム設計と人材育成

（荒井）先ほど森本様からも、自動化の影響については設計段階からリスク分析を徹底的に行うというお話がありました。次に、教育・訓練といった部分の話に入っていきたいと思います。大がかりなシステムだけではなくて、機械化、装置化なども含め、新しい機械を導入するときに、その取扱いを知るだけではなく、そこに隠されているリスクを徹底的に洗い出しておく必要があるというお話もありました。そこで、リスク分析の範囲に入るかもしれませんが、システム開発と教育訓練、システム操作を経験していく中での学習といった切り口でお話を聞いていきたいと思います。最初に河野様からお願いいたします。

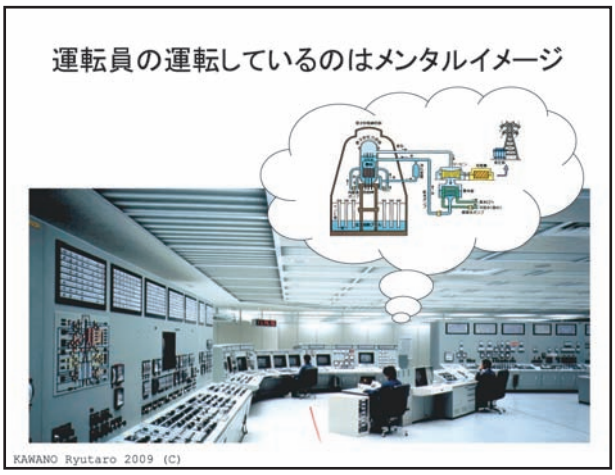
（河野）皆さま方のお話を聞きまして、医療は全然違うなあと思いましたのが、皆さまのシステムはノーマルオペレーションのフェイズがあるということです。医療が対象とするものは全部アブノーマルです。患者はアブノーマルのステータスで、しかも各個人がばらばらの状態です。したがって、非常に難しいところがあり、そこが一つの大きな問題だと思っています。そのような中で、教育を行っていくのは非常に難しいものがあります。解決方法の一つが、シミュレーションをしながらさまざまな対応を訓練するということです。その点についてインターフェースがどのようにサポートするのかというお話をしたいと思います。



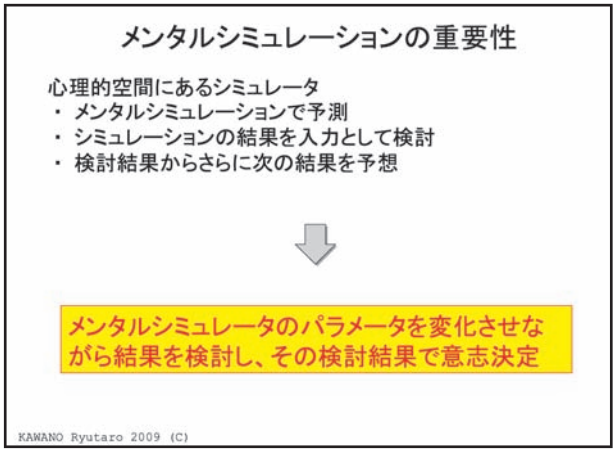
オペレーターの頭の中を見てみます。これは原子力発電プラントの制御盤ですが、オペレーターが何を制御しているかと言うと、実は目の前の制御盤を制御しているのではなく、制御盤に写されている、マッピングされたデータを見て、それをさらに人間がマッピングして頭の中で理解し、そして頭の中のシミュレータを動かすということをしています。つまり、オペレーションにおいて人間が最初に行っているのは、頭の中のシミュレータを動かしているということであり、この考え方は極めて大事なのではないかと私は思っています。



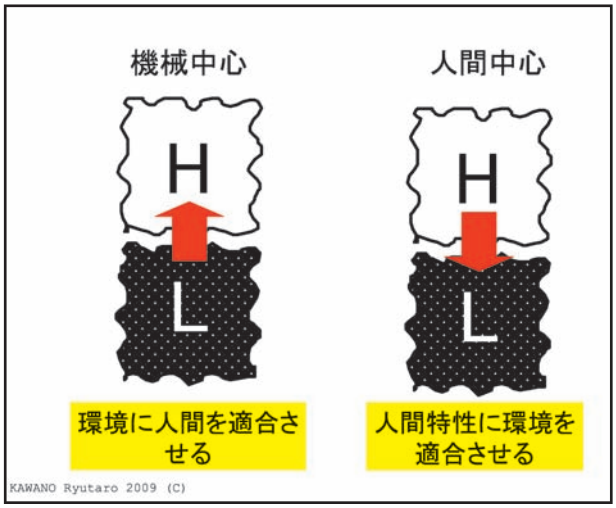
これは、それを分かりやすく書いたものです。システムが内部を計測して表示し、運転員が感覚器官でそれを知覚・理解して、心的イメージを持ち、そして「圧力が上がっている、下げなければいけない」という意思決定をして操作をする、というようにサイクリックにぐるぐる回るわけです。ですから、運転をしているのは実はメンタルイメージだということを、インターフェースを検討する際には考えなければいけないと私は考えています。



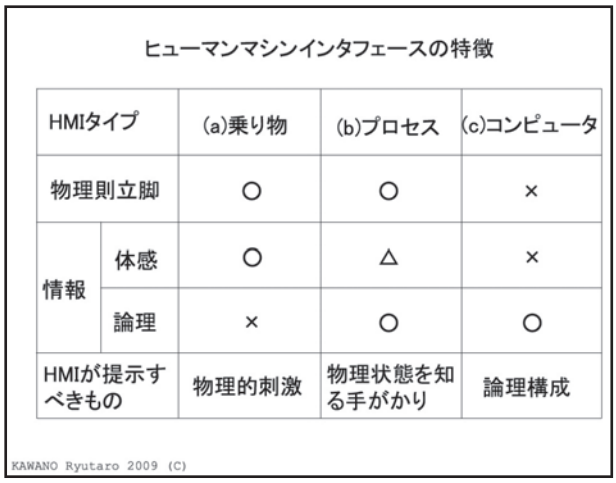
医師も当然、患者に対してのイメージを持って、同様に対応します。ですから、皆さま方が病気になって患者となったとき、医師から「2錠飲んでください」と言われれば、それをきちんと守らないと、「2錠飲ませたのになぜ血圧が下がらないのだろうか・・」と考え、次は4錠を投与されて過剰となる可能性がありますので、きちんと実行したり、あるいは、飲み忘れた時は、そのことを医師に伝えなければなりません。



したがって、メンタルシミュレーションは非常に大事なことで、これらはすべて教育に影響を与えるものと考えています。人間には、メンタルシミュレーションのパラメータを変化させながら結果を予測し、その結果で意思決定をしている、という極めて人間的な特性があるので、これをインターフェースに活かして教育に役立てることが大事だと思います。

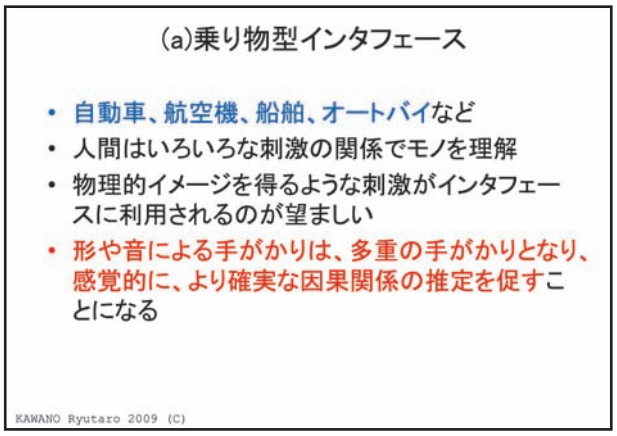


インターフェースが悪ければ間違うのは当然です。1979年のスリーマイル島原子力発電所の事故では、制御盤に対するデザイナーズロジックとユーザズロジックは全然違っていました。それを人間中心に設計すると、第三世代の制御盤では非常にエラーが減っており、また、パフォーマンスも非常に上がっている、という結果が得られました。人間中心の設計思想というのは極めて大事であると言えるのです。

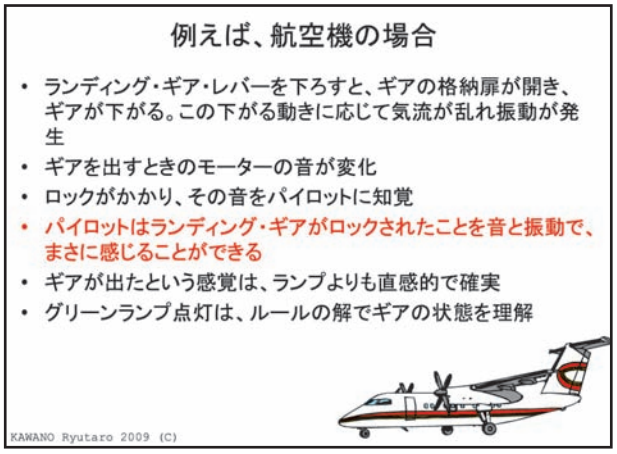


HMIタイプ		(a)乗り物	(b)プロセス	(c)コンピュータ
物理則立脚		○	○	×
情報	体感	○	△	×
	論理	×	○	○
HMIが提示すべきもの		物理的刺激	物理状態を知る手がかり	論理構成

これはヒューマン・マシン・インターフェースの特徴です。私が言いたいことは、これらはすべて学習に影響するものであり、まずどんな特徴のシステムなのか分ける必要があるということです。

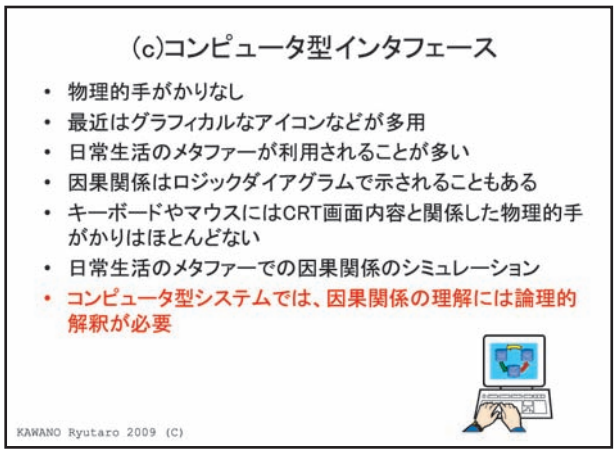


一つは乗り物型です。これは、物理法則が成り立っていることが特徴です。また、体感といったものがある一方でロジックはありません。したがって、インターフェースの中に、物理的刺激を入れることを考えなければなりません。典型的なものが、自動車、航空機、オートバイといったもので、多重の手がかりが感覚的にダイレクトに繋がるということがとても大事です。

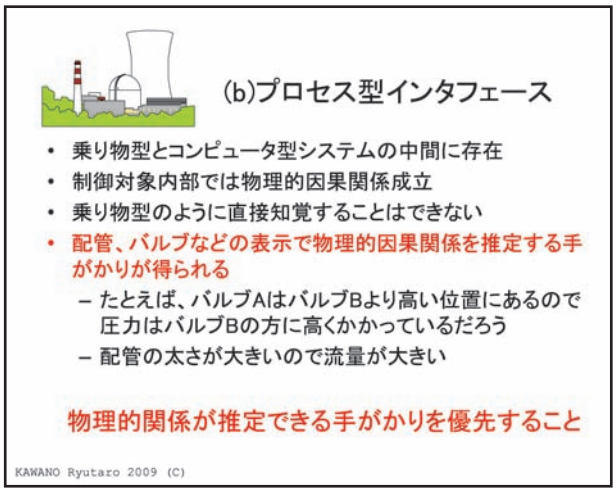


例えば航空機はランディングギアを下ろした瞬間に空気特性が変わり、グーッと機体が持ち上がったり、ギアが出てくるとガクンガクンとロックする音がしたりします。そういう手がかりがきわめて大事だということなのです。こうした手がかりを大事にするようなインターフェースが必要です。

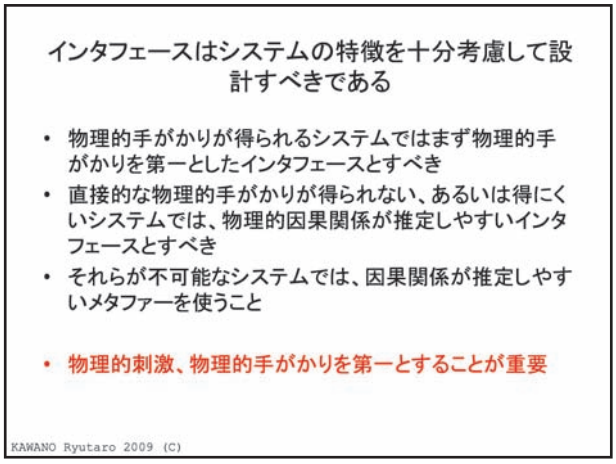
オートバイなどは、体の傾きがダイレクトにそのままインプットされて、それがダイレクトに体感として返ってきます。



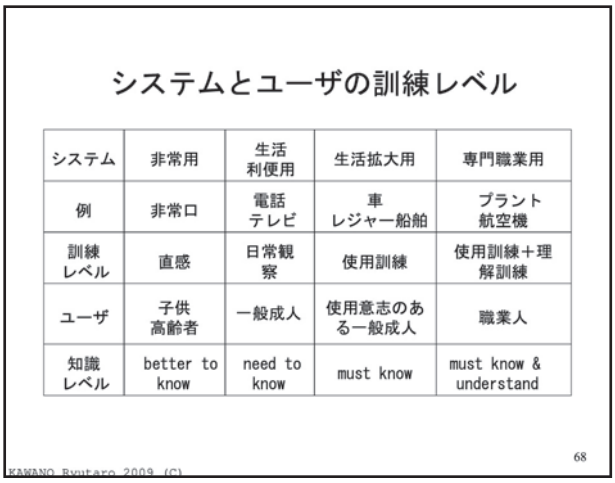
一方、その反対なのがコンピュータシステムです。コンピューターはロジックしかありません。そういった意味では、非常にやりにくいのです。



その中間にあるのがプロセス制御です。これには物理的状態を知る手がかりを入れるべきです。運転員の行動分析などを行うとよく分かりますが、彼らは手順に無いものについても一生懸命考えています。例えば、「このバルブはあのバルブよりも上にあるから、圧力がこれくらいかかっているだろう」というようなことをいろいろ考えているのです。そうした観点でインターフェースを考えると、物理的因果関係が推定できるような手かがりを提供するインターフェースが重要なのです。

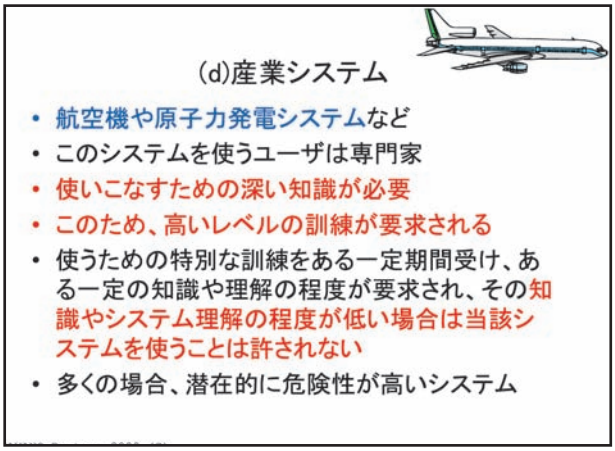


つまり、私の申し上げたいことは、インターフェースはシステムの特徴を十分考慮したものを提供すべきだということです。そうすれば、人間の持っている能力をもっと引き出すことができるのです。

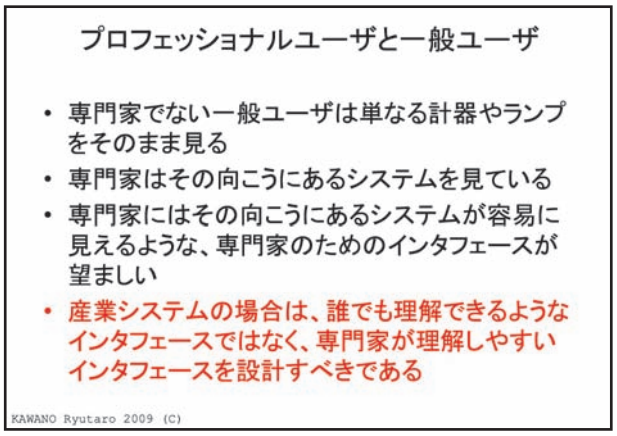


システム	非常用	生活利便用	生活拡大用	専門職業用
例	非常口	電話 テレビ	車 レジャー船舶	プラント 航空機
訓練レベル	直感	日常観察	使用訓練	使用訓練＋理解訓練
ユーザ	子供 高齢者	一般成人	使用意志のある一般成人	職業人
知識レベル	better to know	need to know	must know	must know & understand

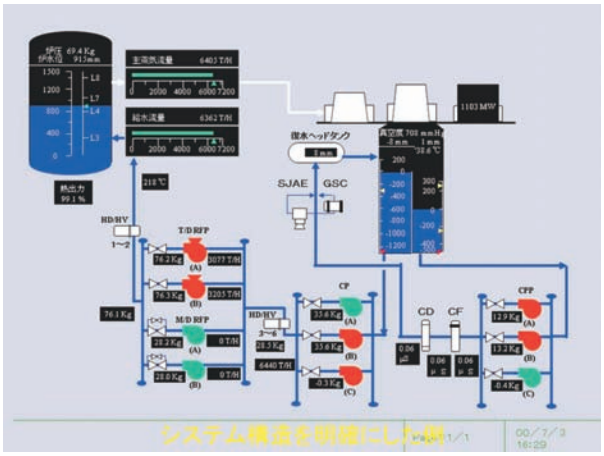
さらにもう一つお話ししたいのは、システムのユーザとして、プロフェッショナルユーザか一般ユーザかをはっきり区別すべきだということです。



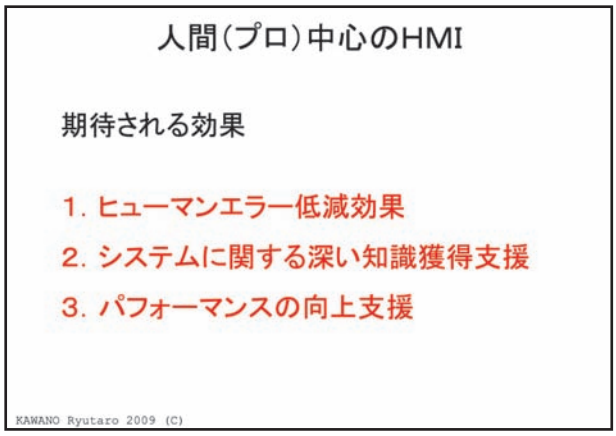
顕著な例としては原子力と航空機などですが、こうしたものを使いこなすためには深い知識、高いレベルの知識が必要です。高い訓練レベルを持っているユーザだけが使用するものであって、レベルが低いユーザには使わせない、という管理をすべきです。



産業システムの場合は、誰でも理解できるようなインターフェースではなくて、専門家が理解しやすいインターフェースとすべきだというのが私の考えです。



例えば、これは原子力発電プラント用に試作したものです。この図はたいへん複雑に見えますが、オペレーターはメンタルモデルを持っているので、さほどのことはないのです。これをあっという間に理解してしまいます。皆さんは文字が小さくて見にくいと言われるのですが、人間はアクティブに情報を取りにいきますので、いままでの設計基準にまったく合わずとも、近くに行けば見えるので問題ありません。人間はもっともっとアクティブなものだということを考えると、人間には学習能力があるので、こういうものを毎日見ているうちにだんだん知識が深まるということもあり得るのです。



したがって、人間の持っている物理的因果関係についての能力だとか、そうしたものを引き出すようなインターフェースを考えたら、もっともっと学習も早くなるのではないかと考えています。そうすることによって、ヒューマンエラーの発生率も下がるし、システムに対する深い知識の支援もできるし、パフォーマンスも向上できる、ということが言えると思います。

(荒井) ありがとうございました。たいへん興味深い話ですが、稲垣様いかがですか？

(稲垣) 初心者用のインターフェースとベテラン用のインターフェースを違うものにしてもよい、というただいまのお話は非常に面白かったと思います。例えばヒューマンインターフェースのデザインでは、基本的に「あまり小さい字は使わない」「もっと字を大きくする」と細かいことを言ったりするのですが、人間はアクティブなものだということを知っていると、それはあまり重要ではないというお話は、やや逆説的なコメントのようにも思いました。一つお伺いしたいのは、例えば、一つのインターフェースについて、初心者にもベテランの人にも使えるようにする意図で、何らかの方策で、インターフェースの中の表示形態が変わっていくようなものを作るのは、いかがでしょうか？ 例えば、アダプティブのインターフェースという観点で、ときどき議論されることがあるのですが、人によって表示されるものが変えられるという概念もあります。私は少しそれを疑問に思う点もあるのですが、河野さんお考えはいかがでしょうか？

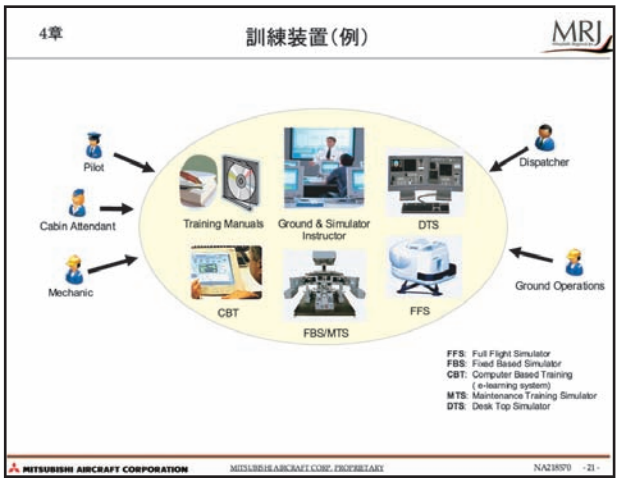
（河野）私はそのインターフェースを使うためのミニマムリクワイアメント（最低必要条件）を満足している人が使うという条件で行うと、インターフェースが非常にうまくいくと考えています。誰でも使えるものなんて無いのです。マニュアルも同様です。素人が使うものとプロが使うものとはまったく違いますから、私ははっきり分けた方がよいのではないかと思います。その代わり、能力管理をきちんと行うのです。私が医療界に来てよく分かったのは、きちんと能力管理をしないとやはり間違う、ということです。このマニュアルを使うためのミニマムリクワイアメント、このインターフェースを使うためのミニマムリクワイアメント、という具合に基準を決めて対応することがよいと私は思います。

（稲垣）いまのお話の中で関連するのですが、実際にベテラン、プロフェッショナルが使うものでは、かなり複雑な部分まで、物理的・論理的な構造までが分かるようにすることが重要であるとのお話でした。例えば、異常が発生したときの、画面操作方法についてのマニュアルが用意されたりしますが、マニュアルが用意できないような場面も当然あり得ます。このお話は、そうしたことに遭遇したときにも、どのように対処すればよいのかを何もないなかで自ら考えなければならない、といった場面で役に立つという解釈でよろしいでしょうか。

（河野）私がお話ししたいのは、緊急時でマニュアルも無い時に、何をオペレーターに与えなければならないか、ということです。そのときに何が壊れたのか、ではなく、何が残されているのか、という発想でインターフェースを考えていかなければいけないと思います。それは航空機の事故などでも示されていて、ユナイテッド航空ＤＣ１０型機の事故例はまさにそれです。操縦系統が全部駄目になったとき、彼らは何をしたと思いますか。何が残されているのかを見たところ、パワーだけが残されていました。これをうまく使い、左右のエンジン出力をコントロールして左右の向きを変え、出力をコントロールして機首を上下に変えたのです。何が残されているのか、ということを考えることが大事だと思います。人間は本当に能力があるはずだということです。それをいかに引き出すかということを、インターフェースを使ってもっともっとやれるのではないかという発想です。期待しすぎてはいけませんが、そういうこともある程度できるのではないかということです。限りない人間の能力をもっともっと期待したい、インターフェースでそれをサポートしたいと考えています。

（荒井）ありがとうございました。続きまして、森本様は現在、航空の関係で設計を担当されているとのことですが、いまお話にありました、教育、訓練という部分につきまして、お話をお願いいたします。

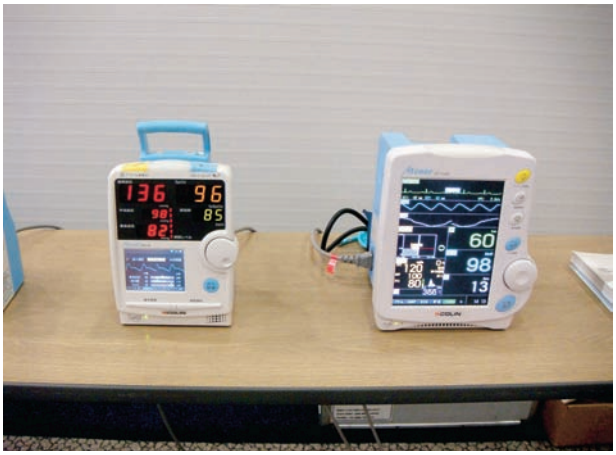
（森本）実際にMRJで提供するかは検討中ですが、一般に航空機でよく使われている教育機材の例をご紹介させていただきます。



フライトシミュレータは、ご存じの方も多いと思います。この図では右下にFFS（Full Flight Simulator）と記載している装置で、足がついている絵になっていますが、これが油圧の装置になっており、機体にGを加えたりする装置です。これは最近、アミューズメントでも使われていますが、G感覚を与えられる装置です。このシミュレータ上で、実際の飛行機では訓練し難いエマージェンシーの状態を作りパイロットが訓練することができます。これ以外にもいくつか、訓練装置の教材を用意します。従来であれば、紙ベースでのマニュアルを一生懸命勉強していただきます。今は、トレーニングマニュアルや、フライトマニュアル（AFM）もCD-ROMで配布されます。CBT（Computer Based Training）では、最近でいうところの、E-ラーニングなどが、先ほどのマニュアルなどを使って出来るようになります。システムの原理を勉強してもらう、そういった装置を造っていきたいと考えています。その横にあるFBS（Fixed Based Simulator）は、先ほどのFull Flight Simulatorがモーションも含めてのシミュレータであるのに対し、もう少し簡易なバージョンのものです。コックピット回りの静的な動きが模擬（モーションはないが外界表示は模擬）できるシミュレータです。このような機材で、飛行機のパイロットは日々操作の訓練を行います。特に、システムの原理もこうした訓練の中で毎日忘れずに認識してもらう必要があります。また、訓練を受ける対象の方は図に書いてあるとおり、パイロットだけではなく、キャビンアテンダント、メカニックも対象です。メカニックへの教育訓練は非常に重要な要素を持っています。さらにグランドオペレーションやディスパッチャー、ディスパッチャーというのは飛行機を飛ばしてよいかどうかの判断する方ですが、そういう人にも訓練を行うということです。飛行機の場合は、こういった機材を用いて原理も含めて理解してもらうということを考えています。

7. HMIの有効な設計方法

（荒井）ありがとうございました。このパネルディスカッションも残された時間が限られてまいりました。最後のコーナーとなりますが、ヒューマン・マシン・インターフェースの適切な設計方法、システムデザイン上のポイントといった部分について、すでに何点かお話をいただいておりますが、もう一度まとめとして皆さま方からお話いただきたいと思います。さらには、それぞれの分野において、そういう非常に重要なヒューマン・マシン・インターフェースに関していま、国際標準はどのような動きになっているのか、という点も少しお話を加えていただければありがたいと思います。それでは、河野様からお願いします。



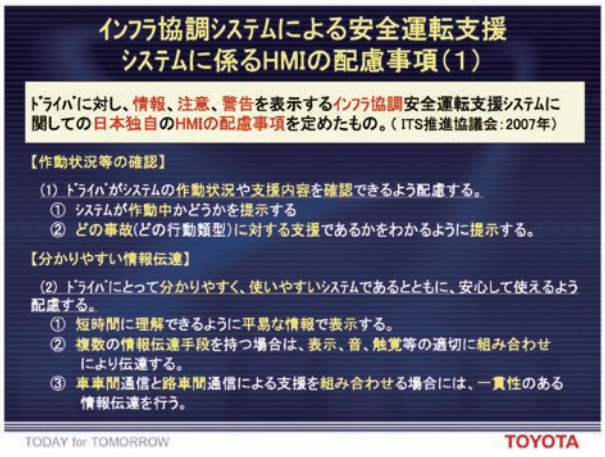
（河野）これは医療のある機器ですが、皆さま方、変だと思いませんか。しかし医療界では別に変だと思われないのです。我々は、普通の感覚であれば、赤い色であれば異常を示していると思うはずなのですが、医療関係者は、これは血圧を表示しているから赤でよいのだと考えています。こういうものが標準化されていないというのは非常に大きな問題で、私はこういうガイドラインを国がきちんと作るべきだと考えていますが、実際は非常に遅れています。

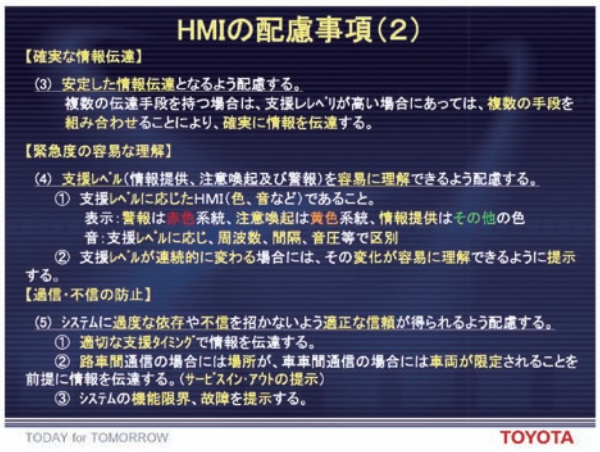
それから手術室の様子などは、皆さんあまり見る機会がないと思いますが、混沌としています。こういうものを、産業界の知恵を使ってもっともっとエラーの起こりにくいものにしていく必要があります。医療従業者は非常にまじめで、責任感の強い人が非常に多く、自分が間違って失敗するとすごく反省します。自罰的な人が多いのです。自罰的な人の１つの欠点は、他人に対して厳しくなることで、ある人が間違うと、あの人はしっかりしてないから間違えるんだという目で見てしまいます。そうすると、いつまでたっても個人の問題として認識したままで、システムを変えようという発想にならないのです。非常に真面目な人たちががんばってきたので、これだけ遅れてしまったのではないかと感じていますが、これからは産業界の知恵を入れながら、もっともっとよいインターフェースができないかということを考えています。とにかく人間中心のものの考え方でなければいけないと思いますし、表示が多少複雑でも、その人が正しいメンタルモデルを持っていれば、非常にうまくいくのではないかと思います。そういったオペレーターの知識レベルをきちんと考えた、能力を引き出すようなインターフェースは絶対ありえると思うので、JRでも研究されたらよいと思います。

（荒井）ありがとうございます。田中様、いかがでしょうか。

（田中）まず標準化のお話をする前に、先ほど詳しい説明もなく、過信や依存の話に入ってしまったので、簡単に補足させていただきます。運転負荷軽減のためにレーンキープという装置を使うと、道路の真ん中を、ハンドルから手を放していてもまっすぐ走ることができます。すると、例えば、車が対応してくれるから大丈夫だと考えてよそ見をしたり、あるいはACCでは前の車との間隔を自動的に調整して渋滞の場合でも追従してくれるので、少しくらい前を見なくてもよいと思って携帯電話をかけてしまったりすることが起こり得ます。

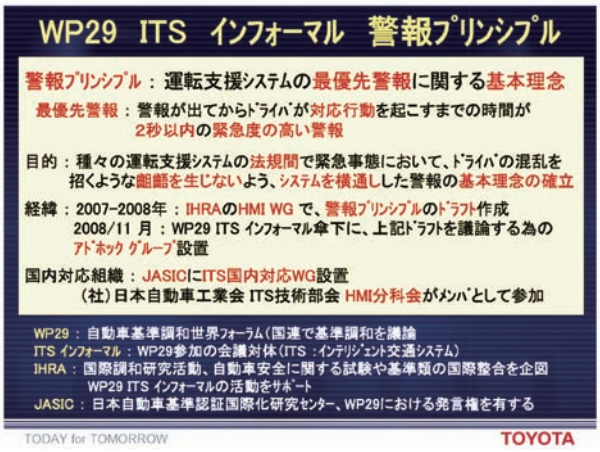
また、両方のシステムを働かせると、高速領域ではほぼ自動運転に近い状態になりますから、まさか運転中に新聞を読む人はいないでしょうけれども、それに近い事態を招くのではないかという危惧が生じます。少しオーバーな表現ですが、そういった意味で、過信、つまり過度の依存ということを示しています。



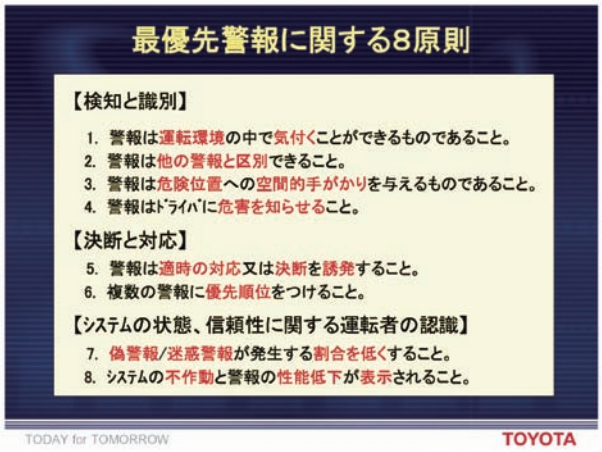


標準化の例になりますが、今年の2月末に、ITS推進協議会で各省庁合同でのインフラ協調安全運転支援システムの合同実験がありました。その中で、いろいろなシステムが、同時にさまざまな警報や表示を出すと運転者が混乱するのではないか、という懸念に対処するために、必要な配慮事項がまとめられました。これは日本独自のものです。項目だけご紹介しますが、まずは作動状況が確認できるということ、分かりやすくて使いやすいものであること、それから、確実な複数の手段を組み合わせることによって、安定した情報伝達とすること、そして、緊急度が分かることです。これは、警報は赤色、注意喚起は黄色系、情報提供は緑色といったように危険度をイメージさせるような色にするということです。

それから音に関して言えば、周波数とか音圧です。ピピピピ…といった緊急を知らせるような音を、感覚で区別することです。そして、最後に、過信・不信の防止ということが謳われています。

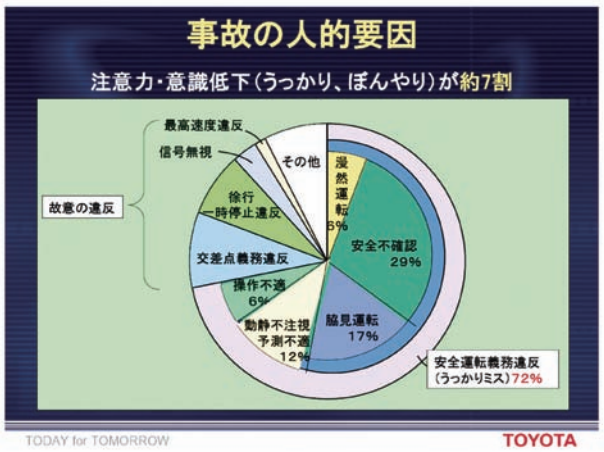


それからこれとは別に、WP29（国連の自動車基準調和世界フォーラム）においてITSインフォーマルという会議体があり、その中で警報プリンシプルという基本理念が議論され始めています。この警報プリンシプルは、運転支援システムの最優先警報に関する基本理念のことです。車の場合は非常に対応時間が短いので、対応行動を起こすまでが2秒以内の非常に緊急度が高い警報のことを、最優先警報と定義しています。

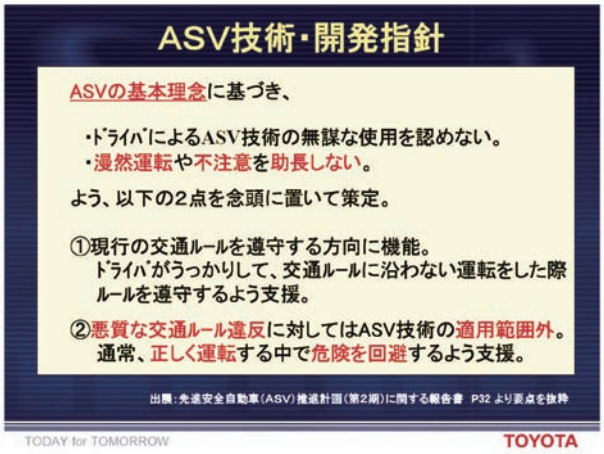


この最優先警報に関しては、８つの原則がうたわれています。「危険位置への空間的手がかりを与えるものであること」という項目は、警報が鳴っている方向で危険のある方向を大よそ分かるようにする、といった意味を示しています。８項目ありますが、「検知と識別」、「決断と対応」、「システムの状態、信頼性に関する運転者の認識」という大きく３つに分けられています。

次に、今後の課題についてお話しします。先ほど、ドライバモニターということで、ヒューマンインターフェースでシステムの側が人間の状態を確認する必要についてのお話がありましたが、高齢化の進展ということから、本当に居眠りだけが危険なのかという問題があります。つい最近も、ASVの検討会でバス協会の方から、ドライバが運転中に突然亡くなってしまい、乗客が慌てて懸命に作業したという事例が紹介されました。ドライバ主権と言いながらも、意識がない状態、すなわちドライバ主権があるとは言い難い状態というものに対して、どう事故を防ぐために対応していくかという問題があると考えています。



それから事故の人的要因を見ていくと、うっかりミスがあり、これは高齢者に多いのですが、信号に気づかず赤信号を無視してしまうというような場合などがあります。そういうケースに、どのようにして対応するかということが、今後の課題になってくると思います。

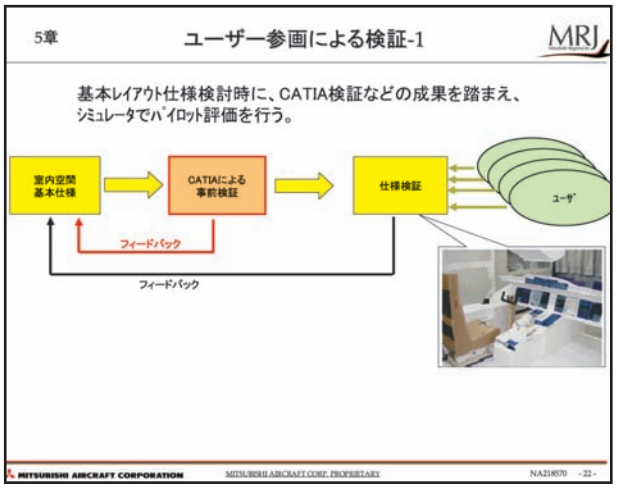


そのような観点で、ASVにおいては悪質な交通ルール違反などに対しては適用範囲外としているのですが、そろそろこういった点にも議論を進めていく必要があるのではないかなと思います。

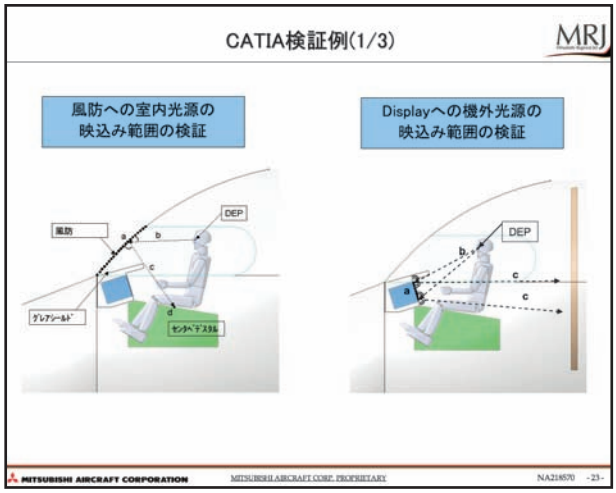
それから、インフラ協調安全運転支援システムですが、はじめから全部の車にシステムが装備されるわけではありません。したがって、システムを搭載していない車が来たかどうかということは教えてくれませんから、そういった点にどうやって対応していくかがインフラ協調系システムの非常に大きな問題だと思います。先ほど、赤信号であることを教えてくれるシステムを紹介しましたが、同様に全部の信号機にシステムが装備されるわけではありません。サインインとかサ

インアウトという言葉があるのですが、いま、そのシステムが使えるような場所、領域にいるかどうかを、ユーザ自身に教えるという方策を今後しっかり考えていかなければならないと考えています。

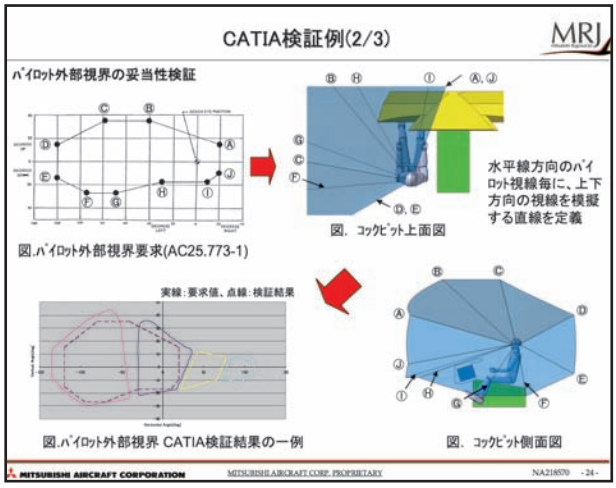
（荒井）ありがとうございました。続きまして森本様、いかがでしょうか。

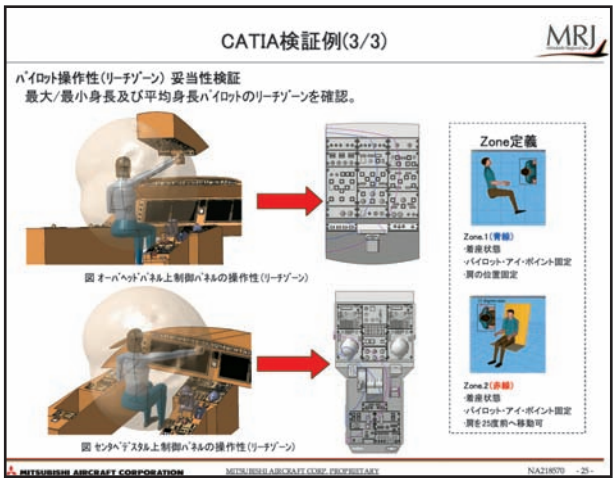


（森本）ヒューマンエラーをなくすという点では、稲垣先生が仰ったように、最終的には人が権限を持つシステムにする必要があると考えています。人が権限を持つためには、搭乗員ユーザにシステムを理解していただく必要があります。最初に説明した、技術的に安全性解析を徹底的に行うということでしたが、技術者だけがそれを理解していても意味がありません。なぜそのようになっているかを、システムの設計段階からユーザとなる方々に理解していただく取組みが必要です。ユーザの意見を設計に取り入れると共にユーザに理解を得ることです。我々は、2つのステップがあると考えています。まず1つ目のステップはレイアウト設計です。コックピットのレイアウトをどうするかということです。3次元CAD（CATIA）による事前検証からユーザにも加わっていただき一緒に検討する活動です。



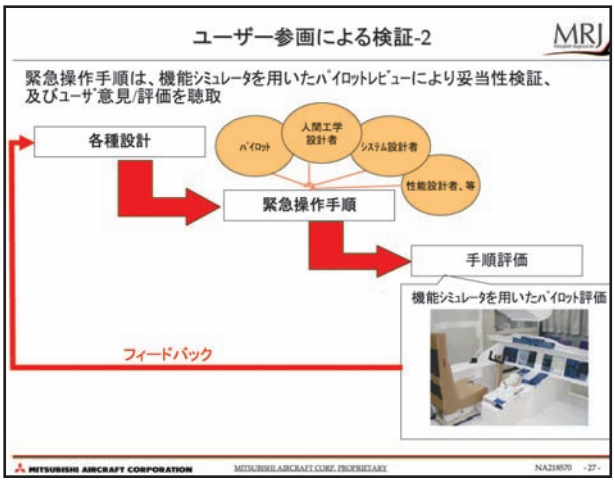
一例をお話ししますと、車などでも同様かと思いますが、機体室内の光源が反射してパイロットの目に入るようなことがないか、機外の光源が映り込むようなことはないか、といった検討です。機外とは翼のことです。翼端のライトが反射してパイロットに影響するということも検討いたします。



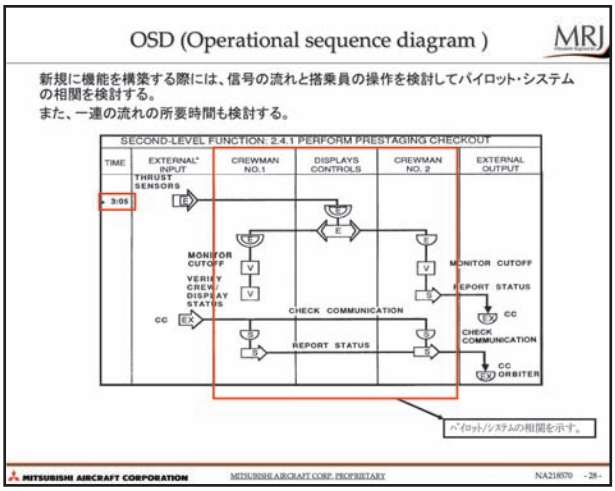


先ほども少し説明しましたが、パイロットの視野が妥当か、操作のエリアに問題がないかどうか、そういった点について、設計した理由も含めてユーザの方々にも確認し、ご理解いただきます。

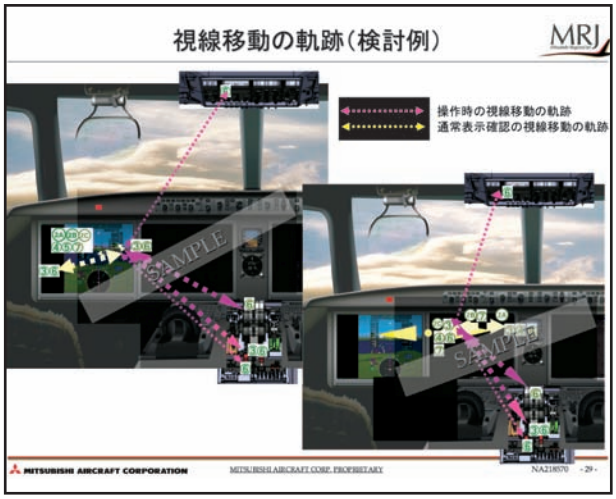
さらに、パイロットが使いやすい（おぼえやすい）システムとする必要があります。設計段階において構築しなければと考えています。これは一部の例ですが、操作する順番の基本的なフロー（Standard Panel Scanning Flow）を定めて、点検手順がその順に沿って行えるような機器を配置することを考えます。また、コックピットにはスイッチが数多くありますが、スイッチの方向性、前後左右どちらをオンにするか方向を統一するようにします。あるスイッチは前がオンで、あるスイッチは後ろがオンといったバラバラではパイロットも誤解します。また、先ほどもお話がありましたが、色合いについてです。スイッチやランプの色の定義、これを統一しないと誤解してしまいます。こうした点をすべて整理していくのですが、それをパイロットも含めたユーザの方々と一緒になって、システム設計が妥当かどうかをレビューしていただきます。



もう1つ、ユーザ参画の検証としては、緊急操作手順、エマージェンシー・プロシージャーがあります。これは、ある程度ダイナミックに動くシミュレータを作らなければできないのですが、パイロットだけではなくて、人間工学関係、システム設計、性能関係の人間も全部集まって、シミュレータを使って検証していく必要があります。この検証には、冒頭にお話しましたFHA（Functional Hazard Analysis）についても当然説明します。理解していただいて、緊急操作手順を確認します。



その中にOSD（Operational sequence diagram）という手法があります。一つの機能を新規に作る際に、表示と、パイロット、コ・パイロット間のコーディネーションをどうとるかを設計的に示し、関係者にも説明して理解していただきます。



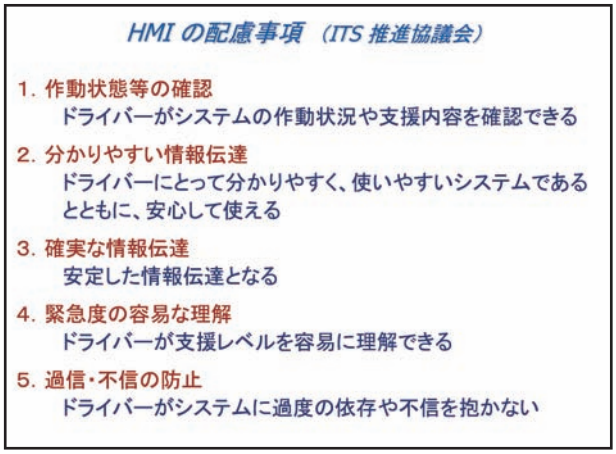
最後に一例で、実際にシミュレータ評価した事例についてお話させていただきます。まず、ピンク色の矢印は実際にパイロットが操作した時の視線移動です。一方、黄色は、通常、表示を見ている時の視線移動です。ある表示について、2ケースについて検討したのですが、その時にパイロットの方々がどういう視線移動をしているか、実際に操作を行い、目の移動や体の動かし方などワークロードを評価いたしました。先ほど冒頭でお話しました緊急操作手順を踏まえて、このようなかたちでユーザ参画のレビューを行う活動に取組んでいます。

最後になりますが、こういった活動は特殊な活動ではありません。最近、FAA（米国連邦航空局）からも指針が出されています。「さまざまなバックグランドを持つパイロットが評価に参画することにより、ライン運行でのパイロットと機体システムの関わりを的確に洞察することができる」とあります。これは「いろいろなパイロットの意見を聞きなさい。単に検査官だけでなく、さまざまなバックグランドを持っているパイロットが集まって、そういった人たちの意見を出させなさい」ということです。いろんな意見を出させて、よい結果を設計に反映させるようにしなさい、ということです。そうでなければ安全な飛行機はできないということを、FAAが述べています。

以上になりますが、私自身は今まさに航空機を造る立場にありますので、今、設計検討していることをご紹介させていただきました。１つは、技術的な安全性検討を徹底的に行うということと、ユーザの参加を得て、コックピットの操作性などのヒューマンファクターに関わる検証を行い、ユーザの皆さんのご意見を取り入れて、よりよいものにしていくという活動をすることです。以上2点が、お話したいことです。

（荒井）ありがとうございました。それでは最後に稲垣様、まとめをお願いいたします。

（稲垣）ただいま、森本様がお話された、ユーザを加えてシステムのデザインを決めていく、これは以前、ボーイング社の777ができた時にWorking Togetherというお話もありましたが、いまはそれよりももっと進んでいますね。ユーザ参加型のParticipatory design、そのような形で実際に実現されているのだと思います。



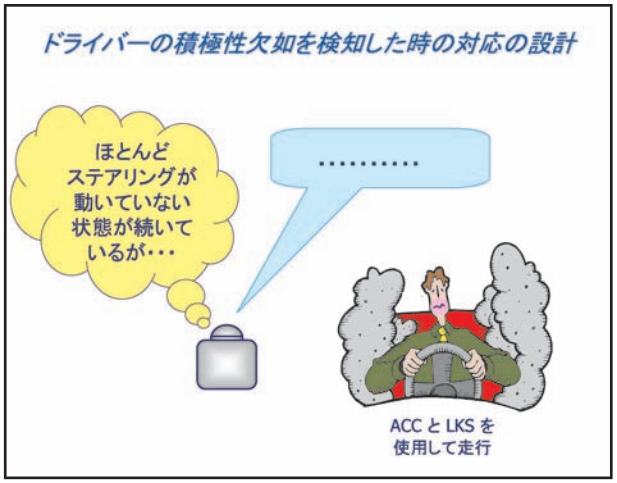
田中様からご紹介のありました、自動車の領域でのHMIの配慮事項について、ここにもう一度記しました。これは2年前に産官学の協力のもとでつくられた自動車の領域のもので、ガイドラインとは書いておらずHMIの配慮事項と書いてありますが、同じ役割のものです。実際に、警察庁が進めているDSSSというシステムについて、このシステムをデザインする際のシステムの定義書についての議論には私も参加させていただいたのですが、その定義書を書く際には、配慮事項に沿ってすべて書かれているのです。ですから、メーカの方もそれに基づいて議論をされるわけです。そういう意味では、こうしたガイドライン、配慮事項は、共通言語として非常に重要な役割を果たしていると私は考えています。

そうしたことを考えると、こうしたガイドライン、配慮事項はいろいろな分野で作られるとよいなと思います。先ほど河野様から医療においてもHMIのガイドラインの必要性が指摘されました。河野さんにお伺いしたいのですが、こういうものは医療でもまとまりそうですか。

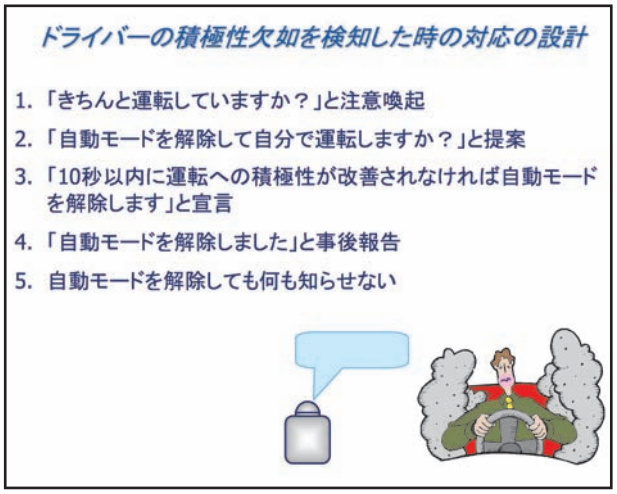
（河野）ちょっと分かりませんが、とにかく、医療システムについては、特に人工呼吸器などを見て分かるようにバラバラな現状があります。ですから、本日は自動車がご専門の方もいらっしゃいますが、トヨタに乗ってもホンダに乗っても同じ操作法が使えるというように、できれば医療システムもそのようにしたいと考えています。ぜひ、そうした方向性について、私は取組むべきだと思います。

（稲垣）先ほど田中様から、システムが人間の状態をモニターするというお話がありました。例えば、人間が気を失ってしまった時、あるいは極端には亡くなってしまった時、バスなどではそのような事例がありますが、そういう時に自動化のシステムがどのように支援し、安全を担保するかということについて、これはヨーロッパでも非常に興味をもってプロジェクトが進んでいるようです。

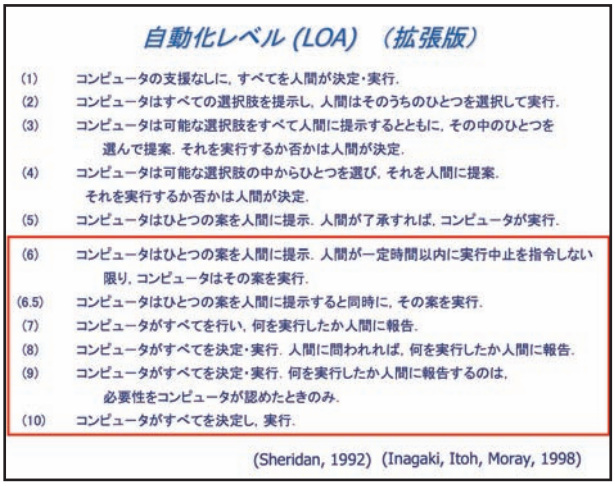
このスライドは、最近始まったEUのプロジェクトのひとつです。私もその中にアドバイザリ委員として入るように言われており、EU以外からもいくつかの国の代表が入って、議論を進めていくのですが、ここで問題になるのは、ドライバーがもはや権限行使できなくなった時にどうするのかという点です。やはり、権限の問題が根本的に出てくるだろうと思っています。これからの日本の戦略でも、こうした問題に対する取組み方を決めていかなければならないと考えているところです。



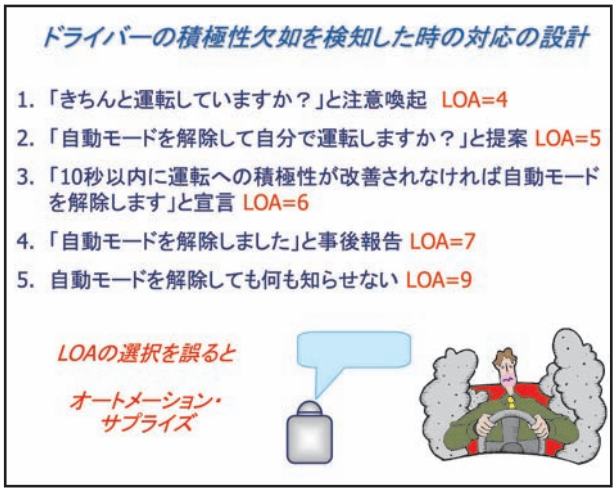
先ほど田中さんから、レーンキープシステムを使っている時に、ドライバーがまったくステアリングを切ろうとしないときにはどうするのか、というお話がありました。例えば、ステアリングがまったく動いていないような状態で運転されては困るわけです。このとき、過信を防ぐためには、例えばシステムがドライバーに対して「あなたが自分で操縦しなさい」「私は操縦をするのはやめる」と宣言してしまう方法があります。



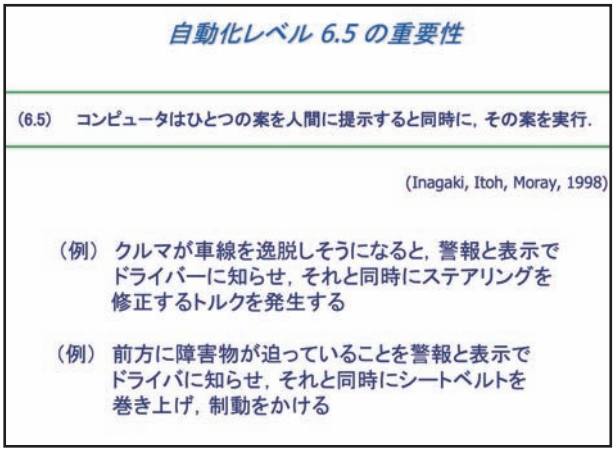
ただ、その時に、実はいろいろなデザインが可能です。例えば１番目は、ドライバーが何も操作してないことに機械が気づいた時に「きちんと運転していますか」というメッセージだけを出すデザインです。注意だけされても、「だから何？」と言いたくなるかもしれません。２番目の、「自動モードを解除して自分で運転しますか」と提案されるデザインですが、「私はそういうつもりはない」と思われたらシステムは対処のしようがないです。３番目に、「10秒以内に運転への積極性が改善されなければ自動モードは解除します」と宣言して、10秒間ドライバーが何もしなかったら解除してしまうという方法があります。実は私は、以前にこうしたデザインのシステムを経験したことがあるのですが、この３番のタイプでした。こういったシステムに乗る時には、私はマニュアルを読まず、説明も一切聞かないで乗りました。運転していて、緩いカーブが現れたのですが、きちんと自動的に曲がってくれるのだろうかと思っていたら、まっすぐに進んで行ってしまった、という経験をしました。その際、何かシステムが言っているな、とは分かったのですが、何を言っているのか実ははっきりとは分からなかったのです。つまり、ドライバーにとっては、自分に権限が移されているとは全然分からなかったのです。これは下手をすると、実はこの３番の方法では、システムもドライバーもどちらも制御しないという状態が起こり得るということです。そういう意味で、過信を防ぐという目的であっても、インターフェースのデザイン、あるいはインタラクションのデザインを間違えると非常に危険なものが出てくる可能性がある、ということが言えます。４番目の「自動モードは解除しました」と事後報告するようなシステムも困りますし、５番目のように、解除しても何も知らせない、というものも困ります。



いろいろな方法があるということをお話したのですが、これらの５項目を私がどうやって考え出してきたのかというと、実は、「自動化のレベル」という概念を使いました。これは、人が何をして機械が何をするのか、ということを書いたものです。こういう考え方は20年くらい前からあるのですが、これをうまく使うと非常にシステマティックにデザインできる可能性が出てくるのです。しかも、この赤で囲ったところは、実は人間に最終的な権限がありません。人間に最終的な権限がなくても、実は安全のために非常に重要な役割を果たしていることが分かります。



先ほどお話したものは、自動化レベルを対応させるとこのような形になります。自動化レベル（LOA）が６や７のデザインにおいては、下手をすると危ないことを起こしますが、実際にはプリクラッシュシステムなどは、自動化レベルの６と７の間に入る（自動化レベル6.5）ものとして、ここに書いてあるような役割を果たすものもあるのです。したがって、我々としては、そのあたりをシステマティックに検討して、よりよいシステムを作っていかなければならない、といったことを感じていました。



（荒井）ありがとうございました。本日このパネルディスカッションでは、「適切なヒューマン・マシン・インターフェースをめざして」というテーマで、専門家の皆さまからお話を伺うことができました。弊社安全研究所設立20年目という節目で、鉄道事業の根幹である安全に着目をいたしました。その安全研究所設立初期の頃、研究所の紹介パンフレットの中で当時の弊社山下会長が、「新しいシステムの導入は時代の趨勢であり、取組んでいかなくてはならないが、一方で、社員一人一人の生きがい、技術力を高めること、そして機械やシステムとの接点を研究することは非常に大切であり、それを安全研究所に求めます」と記しており、ヒューマンファクター、ヒューマン・マシン・インターフェイスについての気概が明解に書かれていました。今後、私どもは、人と機械システムの役割分担、人と支援技術のあり方、最適化といったものについて、本日皆さま方からいただいた視点、そして課題を受け止めさせていただきながら、より安全な鉄道づくりに取組んでいきたいと思います。本日はパネラーの皆さま方、たいへんお忙しいなか、貴重なお話をいただきまして誠にありがとうございました。これをもちまして、パネルディスカッションを終了させていただきます。ありがとうございました。

コーディネーター：荒井　稔
東日本旅客鉄道株式会社　執行役員　技術企画部長
兼　JR東日本研究開発センター所長