なぜ見える、なぜ見えない

Crutial Factors to Make Visible and/or Invisible in the Traffic Situation

1941年3月生，1969年早稲田大学大学院理工学研究科博士課程修了，1973年神奈川大学工学部経営工学科助教授，現在に至る。人間機械系における視覚情報表示の設計・評価を専門に研究。

堀野 定雄
Sadao Horino

◀キーワード：交通標識，人間工学，ビジュアルキュー，輝度差，ヒューマンエラー，情報量

1. はじめに

「交通と安全」と言えば自動車，鉄道，船舶，航空機などすべての交通機関の安全問題が対象になる。人間—機械系において人間が入手する情報の80%は視覚，15%は聴覚，残り5%が触覚など他の感覚を経るとされている。

人間が機械を制御する過程を人間の働きとして表すと「情報」→「判断」→「動作」工程の繰り返しである。人間は目，耳などの感覚器官を経て情報を入手し中枢に伝達し，記憶情報と照合しながら判断をくだす。その判断に基づいて制御動作をする。その際，適切な制御動作を保証するためには適切な判断が前提となり，適切な判断を保証するため，適切な情報が前提となる。

特に交通機械の操縦・運転においては，視覚情報が決定的に重要となる。交通機械の制御には運転室内に表示される主に機械の状態に関する情報と，運転室外に表示される移動路環境に関する情報の両方が必要である。情報の内容，表示の仕方，表示タイミングは安全維持のカギである。本稿では交通標識など室外情報に範囲を限定し，主に自動車交通を対象に最近の研究動向を紹介する。

2. 「見える」「見えない」の人間工学的意味

交通標識など視覚情報が機械の制御に有効であるためには，まず「見える」ことが必要である。だが「見える」といっても，交通事故裁判で検察側が被告ドライバの過失立証の論理によく活用する“第三者が撮影した写真に写っているから「見える」はず”というような単純な話ではなく，「見る」本人の立場で「見える」「見えない」を論じなければ意味がない。

すなわち，「見る」本人の置かれているタスク状況に立って論ずることが重要である。これは何も「見る」本人のわがままを許容するという意味ではない。本人の作業状況を理解し，その場に立つことが人間工学的見地から本質的に重要なことなのである。「見えている」情報が読みやすく，判断しやすく，タイムリで円滑な行動に結びつく性質を備えて初めて「見える」と言える。

そうでないかぎり見かけ上は「見える」が，実際は「見えない」のである。この境目の判断が微妙で難しい。しかし，人間工学でよく用いるタスク分析手法を応用すれば，おのずと境目は浮き彫りにされる。

タスク分析とは日常的作業行為を長時間連続して観察し，作業者が意識的，無意識的に示す適応行動を指標に人間—機械系に潜在する不整合点を発見，設計にフィードバックし，整合性を高め再設計に役立てる分析手法である。通常はビデオカメラなどで記録し画像再生を繰り返しながら分析を進めてゆく。人間工学で言うタスク分析には2種類あり，既存の作業を観察して分析する場合はもちろん，これから設計しようとする新システムについても応用する。つまり，作業過程における人間の行動予測技術とも言える。

交通標識システムの再設計問題にタスク分析を応用するとは，運転作業中のドライバの目で標識を観察すること，およびドライバの行動を外から観察することを意味する。分析に役立つわかりやすい指標はドライバの迷走やエラー，あるいはニアミスなど問題となる行動の種類とか頻度である。

筆者の研究¹⁾によれば，交通標識が真に「見える」ために設計者が心得なければならない人間工学的基本要件は次の4項目である。

- (1) 誘目性：標識の存在がドライバから見てそれとわかるように目立つ性質，標識の位置，高さ，向き，視線誘導の善し悪し。
- (2) 視認性：標識の大きさ，形状，文字の大きさ，色，輝度，周辺との輝度差，昼夜間照明の質，素材の影響も考慮する。
- (3) 知足性：「足るを知る」性質を言う。情報の質・量の的確性，密度の過不足，文字デザイン，図記号表示など表現方式の適否。これら諸因子の複合的結果としての標識・表示内容の理解しやすさ。
- (4) 文脈性：標識の情報内容がもつ時間的，空間的連続性，地図や路線形状との整合性，表示の順序，表示タイミングなどシナリオ性ともいう。

以上の条件は標識が「よく見える」ためにすべて満たさなければならない必要充分条件である。

3. 視線誘導で決まる鮮明な見え方

飛行機は，ジャンボでも小型機でも関係なく高速で暗夜でも広い空を飛び交い安全に空港へ着陸するが，さりとて広い空港全体を照明することはしない。また，その必要はない。滑走路へのアプローチライトと滑走路の末端や中心に適切に配慮された誘導灯をしっかりと点灯して

パイロットを誘導し迷わず安心して着陸できるようにすれば充分である。これを空港のビジュアル・キュー（視覚の手がかり）、筆者はこれを視覚の目がかりと呼んでいる。

実は自動車交通にも同じことがいえる。高速道路の路肩と車線の間に引いてある白線は昼間にはよく見えるが夜間、特に雨の日には極端に見づらくなる。

時にはビジュアル・キューらしき配慮があり、道路端部分に高さ50～60cmの反射板が点々と規則的に配置されていることがある。しかし、あれは視覚的には路面の白線から離れていて白線部分の走行安全限界域を確定するためには、ドライバは不必要な空間的翻訳を強いられ、無意識のうちにかなりのストレスとなっている。

これは次のようにすれば簡単に解決できる。道路全体を必要以上に照明するのではなく、ドライバがハンドル操作をする時に目が絶えず追跡しているライン、すなわち白線部分を重点的に照明する。つまり、自動車のヘッドライトでピカッと光るビー玉のようなキャッツアイ（猫の目）と呼ぶ素材を白線部分に等間隔に埋め込む。そうすれば滑走路の誘導灯のように視空間の中に鮮明なラインが浮かび上がり、それをたどれば安心して運転できる「視覚の目がかり」となり、そのうえ電気代もかからずに目的を達成できる。

十数年前、初めてイギリスの高速道路をレンタカーで1人で運転した時、夜間で雨が降っていたがこのキャッツアイが夜間でもよく見え、人間工学的に工夫されたわかりやすい道路案内標識のおかげもあいまって数百キロの行程を安全かつ安心して走ることができた。

高速道路のトンネル内の視線誘導にもこの理屈は当てはまる。すなわち、トンネルでは安全限界となる路面と壁面との明確な境目をドライバに無言の内に伝えなければならぬが、この重要ポイントがあいまいに設計されているトンネルが多い。

最近、開通したばかりの東京湾アクアラインもその典型例である。完成直後のためでもあろうが、トンネル内全体が白色系統の均等に明るい雰囲気であまり、路面と壁面との間にメリハリの利いた識別感がない。幅広い2車線道路の右側車線の端は、路面と壁面の間に縁石があって段差が付いており、左側車線の端には縁石がなく路面からすぐに壁面につながっている。筆者は開通前の現場視察でこの点を確認した。

時速60～80km/hで走行すると右側端に縁石があり左側端にないことが瞬時にはわからない。トンネル内全体が明るく道路両端が漠然と壁面に溶け合うように視空間が一体化して縁石が線として鮮明に「見えない」ので心理的に落ち着かないのである。イギリスの高速道路のようなキャッツアイはなく、「視覚上の目がかり」に対する配慮が足りないのである。

そのうえ、直線部分が約10kmも続くきわめて単調な路線形状である。高速道路の線形設計ではドライバの単調感を事前に防止するために常識になっているクロソイドと呼ばれる滑らかな曲線に、なぜしなかったのか素朴な疑問が出る。察するに、世界最大級の直径13m円形トンネルを人工島など数か所から同時多発的に掘削推進し、レーザ光線を活用して誤差5mmでドッキングできたと聞くシールド工法技術を最優先し、完成後のドライバの立場に立ったこの種の運転しやすさはあまり重視されなかったのではなからうか？ トンネル内照明の「見える、見えない」より長大海底トンネルを掘るという100年に一度ともいわれる最大規模の土木技術工法が優先してしまった事例ではなからうか。

これを解決するには、空港のビジュアル・キューと同じ配慮を応用して、路面と壁面部分の境目に輝度差を付けて明確な境界線となるようにすることである。トンネル内部全体を明るく照明する必要はなく、ドライバにとって最も大切な路面の白線および路面と壁面の境界線を鮮明に浮かび上がらせ、視線誘導をきちんとやれば充分であろう。開通後でも改修は可能なので、関係する高速道路の照明技術者にはぜひ検討していただきたい。

4. 人類動態を反映した標識設計

これまで述べたように、ドライバなどの現場における「人の働き」をよく知ったうえで標識・表示設計も行くと安心してわかりやすい、言い替えれば効果的に「見える」標識・表示を作れることがわかった。現場を深く観察することから「見える」標識・表示設計は始まる。

生活の場における日常的な人の働き様を動態と言う。そして、地味な動態観察が最終的な設計指針を提供する。人類動態の典型例が人間の注意現象すなわち、ヒューマンエラーである。

「不注意は事故の原因でなく結果である」とは労働心理学者の狩野広之氏が指摘した名言である。不注意を起こす真の原因を研究する³⁾中から事故の真因が見つかり、再発防止につながるとの主張でもある。

狩野氏によれば、たとえばきゅうすのお茶を茶わんに注ごうとしてこぼしたとする。しかし、もし茶わんが洗面器ならこぼさないだろう。このようにヒューマンエラーは動作は同じでも、環境によって発生したりしなかったりするきわめて相対的なものと指摘している。

さらに、人間の注意現象の特質は5種類あり、(1)選択性、(2)方向性、(3)情報性、(4)心身活動水準に影響される、(5)波動性・動揺性、であると説く。

たとえば「選択性」の例としてスウェーデンで行われたJohansson, G.らの実験を紹介する⁴⁾。高速道路上に図1のような6種類の標識を設置して数キロ先ですべての運転者を停止させて検問し、どんな標識があったのか質

交通標識の種類
標識の意味	前方300mから時速50km制限	警察取り締まり中	ここから1km凸凹道	その他の危険	前方300mに横断歩道あり	野生動物に注意
正回答率(%)	76%	66%	29%	26%	62%	55%

(Johansson, G et al. 1970を改変)
久保良敏(心理学図説より)

図1 注意現象の選択性

図2 注意現象の情報性

問したところ、標識の種類によって正答率に大きなばらつきがあった。

最も正答率の高かった標識は速度規制標識で76%、最も低かったのは「その他の危険」26%で抽象的な内容だった。速度規制標識の正答率が最高になる理由は、スウェーデンでは日本と異なり速度規制に対する信頼性は高く規制値を守らないと自損事故につながるといふ。だから日ごろから速度を重視する習慣が身に付いているらしい。この事実を見てドライバは自分の運転に直接関係ある標識は「見ている」が、そうでないのは「見ていない」ということがわかる。

次に「情報性」の例を図2に示す。手前に実際にはない白い三角形があると「見える」。実際にあるのはバックマン3つと折れ線3本である。白い三角形が「見える」理由は人間は常に自分の経験に基づいて無意味の記号の中から意味ある情報を得ようと対象に働きかける性質があるからである。「見えない」のに「見てしまう」エラーに発展することがあるとなればことは微妙である。

5. 多すぎる情報は

「見る」ことをブロックする

ドライバの働態を忘れ、道路設計者の思惑で設計してしまうと不都合なことが起こる例が他にもある。大宮方面へ向かう首都高速道路5号線下りと、関越道や東北道などを連結する、日本道路公団が管理する東京外環状線の「美女木ジャンクション」は高速道路どうしの交差でありながら、高架部で平面交差する変則的構造になっている。危険が予知されたため、地元警察が公団の思惑と異なり、都心から5号線下りを郊外に向かう車に対して、関越道方面への左折のみ認め、東北道方面への右折を禁

図3 戸田南出口の標識

図4 戸田南出口付近の標識頻度曲線(30秒ごとの標識の設置数)

止してしまった。

その結果、東北道方面を目指す車はすべて「戸田南出口」で高速道路を降りて一般道をしばらく走り、その先の「戸田東」ランプから再度外環状線へ入るといふ変則的な運用で開通し、今もその状態が続いている。

そのため、「戸田南出口」には降りる車が殺到し、あふれてはみ出した車が本線で待機渋滞する事態が常態化するようになった。安全のため実施された交通規制が皮肉なことに追突事故が出口付近に集中して多発する結果となった。事故総計は1年に172件、事故率2000~3000億台キロは当現場の1日約3万台の交通量に対して、1.5日に1件の比率で事故が起こっている勘定である。重大事故がなかったのは不幸中の幸いであった。

「美女木ジャンクション」事故が起こるたびに道路管理者は、類似事故の再発防止を考えて新しい標識を立てていった。それを繰り返すうちに標識銀座と言えるほどに標識の数が増え(図3)、「戸田南出口」手前約1km区間の照明ポールすべてに補助標識が設置され、そのうえ路面にも標識文字があふれるまでになった。

そこで、人間工学的視点を応用して抜本的対策を立てようということになった。ドライバの視点で撮影したビデオを用いて、5号線下りを都心の竹橋ジャンクション

図5 首都高5号線戸田南分岐600m 予告標識(改善前)

図6 首都高5号線戸田南分岐600m 予告標識(改善後)

付近から法定速度で走行し、標識のすべてを記録し時間軸で整理したところ図4のような30秒当たりの標識頻度曲線が得られた。「戸田南出口」手前600m地点から「出口」までは極端に標識数が多いことがわかる。20~30秒間で20数本の標識を通過する割合である。

事故多発の主な理由の1つとして標識が多すぎて何がなんだかかわからず、結局のところドライバは「見ていない」らしく効果が出ていないのではないかと、そして上述の状況把握ができないままに現場にさしかかって混乱してしまっていると解釈された。そこで標識を図5から図6に改善した。改善ポイントは標識の数、種類を積極的に減らし、方式も車線指定方式一本に絞りドライバに車線ごとの行き先をガイドした点である。さらにそれより以前に設置された電光掲示板とあいまって時々刻々変化する出口付近の渋滞表示も効果を発揮した。

改善の結果、データ数は少ないが事故率が減少する方向へ傾斜し出した。また、ジャンクション後の外環状へ入路する直前の料金所で観察した誤進入数を見ると、改善前の96件が改善後は64件と減少傾向にあり改善効果が出始めている⁵⁾。

ジャンクションの構造上何の変更もないので、渋滞そのものが減ったわけではない。しかし、情報を整理してこの特殊な行き先案内を出口より900m手前付近から適正な頻度で繰り返し、すべてのドライバが容易に「見る」ことができるように表示すると、合理的な状況判断と行動をとることができ、自然に事故は減る。状況が「見える」情報を表示する重要さがこれでわかる。

6. 適正情報量と「見える」表示

多過ぎる情報は結局、「見え」なくしていると懸念される例をもう1つとりあげて、複雑な状況をいかにして「見える」ようにするか改善の手がかりを考察する。

それは首都高速6号線の箱崎インターチェンジであ

る。ここは図7に示すように約900mの短い区間に合流、分岐そして出口が次々にあらわれる複雑な構造をしている。ドライバが緊張を要する難所である。道路管理側は確実に通過できるようにと案内標識を6回も表示しているが、複数の主要ドライブ・シナリオに適合させるため1か所の情報量が多くなり、一瞬には読みとれない。確実に全員が「見える」適正な情報量はどれくらいなのか、定量評価を試み考察してみよう。

ドライバは案内標識に表示されている情報すべてを必要とはせず、各人のドライブ・シナリオに沿って選択的に利用する。運転しながら情報を選択的に取り込むドライバ固有の情報処理法は今のところ不明である。

当時 NHK 総合技術研究所 (現 放送技術研究所) の難波誠一氏が文字多重化放送の設計基準として活用した基礎実験の成果を参考にして過大評価を承知の上で、表示文字の情報量とドライバの情報処理能力特性との相互関係を吟味⁶⁾してみた。この方式はカーナビのスクリーンデザインの読みやすさを定量評価する場合にも応用されている。

漢字はひらがな換算でカウントするが、かな・数字1字は6ビット、アルファベット1字は2.2ビット、図形1項目は14ビット単位で算定する。

図7の③「箱崎分岐200m, 出口500m」④「同100m, 400m」, ⑤「同50m, 350m」の案内標識は漢字336ビット、アルファベット187ビット、数字48ビット、図形70ビット、合計641ビットとなる(表1)。人間の情報処理速度が1秒間に最大50ビットであるとして単純計算で12.8秒を要する。この間時速60km/hとして車は16.7m/sec×12.8sec=213.8mも進み、③の標識を読んでいるうちに分岐点を通過してしまう計算になる。これは現実的ではない。

6号線の58か所の案内標識について同様の調査をしたところ、46~641ビットに分布し、200ビット台が最頻値であった。全体として情報量が多い傾向にある。

実際は選択的に情報処理しているとの前提をいかして再計算する。非常にラフな設定として、表示情報の1/10を選択して情報を取り込むと仮定して所要時間は12.8秒の1/10で1.28≒1.3秒となる。さらに目標情報を探し当てるのに要する時間を、自動車が交差点で右左折する際、サイドミラーによるチェックに要する時間0.2秒を反映して使う。標識には必要情報の約10倍が含まれているので視線は検索を繰り返して3回目の試行後に探し当てたとする。探すまでの所要時間は0.2×3=0.6秒、合計1.9秒と計算される。この間車は16.7m/sec×1.9sec=31.7m進んでいる。

現行方式では分岐点手前850, 650, 200, 100, 50, 0mと6回、4種類の表示方式が混ざって表示されるので、情報内容が実質的に同じでも表示方式が変わるたび

図7 箱崎 JCT および箱崎出口(現行の案内標識)

に視線は新しい検索のために新たな負担を強いられる。

1枚の案内標識に表示された情報をすべて読み取るのに単純計算で約13秒、選択的読み取りで約2秒かかる。現行の分岐点手前850, 650mの標識では「⑥」「⑦」「小松川」「komatsugawa」「向島」「Mukoujima」は余計に2回も繰り返し表示することで分岐後の行き先車線を表示しているが改善案では文字情報は共通1回にして矢印の数で分岐後の車線数を表すことにした。

以上のように現行の標識では現実的に長いのではあるまいか。もっと短い読み取り時間で済むように改善できないか。そこで、複数の方針で改善案を検討したが、ここでは代表的な試案として一つの改善案(図8)を示す。これは大事な内容を繰り返す方針で、表示方式はシンプルにして、ドイツのアウトバーンを参考に分岐後の車線数を目立つ矢印の数で表すことにし、デザインを統一した。確認しやすくするために表示回数は1000, 500, 300, 100, 0 mの5回とした。同一デザインで5回も表示すればドライバーは何回かに分けて少しずつ「見る」機会を重ねていくうちに全体がわかると期待しての事である。

表示情報の内容を厳選し情報の総量を減らし、尚選択幅を縮小できれば読みとり必要時間は短縮できる。たとえば、合理的読みとり時間値を0.6秒、選択枝の数を8として検索を2回として最大情報総量は80ビットと計算

図8 箱崎 JCT および箱崎出口(改善提案)

できる。言い替えれば80ビット以内に標識を設計しておけば、選択枝が8つあっても0.6秒以内に読みとれるのである。この場合、1秒間に処理できる人間の情報量は133ビットとなり単純な場合の処理能力の50ビットより多い。

以上のような基準で案内標識をチェックしてゆくとまだまだ改善の余地があることがわかった。親切のつもりでいろいろな情報を表示してみても、肝心のドライバーに「見えない」のでは意味がない。「見える」標識の研究は誠に重要で意義深いと思う。ドライバーの情報処理の実態をより深く研究すれば「見える」「見えない」をもっと定量的に取り扱えるようになる。

筆者は長い間人間工学チェックリストによる産業職場の作業改善研究に取り組んできた。最近道路管理者と共同で高速道路の案内標識の問題解決志向の人間工学的評価を定量的に行う方法としてビデオ再生法とあわせて進める人間工学チェックリスト技法を新しく開発した⁶⁾。低コストで広範囲に定量評価した上で設計指針が得られるので有効であることが判明している。

7. 現実を曲げたらよく「見えた」

最後にイギリスで広く見られるロータリ(round about)の案内標識の優れたデザインを紹介する(図

表1 案内標識の情報量(首都高速6号線 箱崎ジャンクション)

☆ルートNo.、○出口、◎シンボルマーク、◇規制、・小文字、分岐手前の意味

設置箇所	種類	標識枚数	漢字	数	アルファベット	数	数字	数	図形	数
箱崎JCT	本線分岐電光板	5枚 1枚	小松川 向島 湾岸線 木場 ・常磐道 ・東北道 ・京葉道 ・東関東 ・箱崎 ・出口500m ・分岐200m	5 5 6 2 6 6 6 6 4 5 5	Komatsugawa Mukoujima BAYSHORE ROUTE 13 Kiba JOBAN TOHOKU KEIYO ROAD HIGASHI KANTO 12 Hakozaki EXIT Narita 6	10 8 4 5 6 9 8 4	☆6 ☆7 ☆B ☆9 ○601×2 ○602×2	1 1 1 1 2 2	下矢印×4 ◎飛行機	4 1
字数 ビット	計 計	154 641	56 336		85 187		8 48			5 70

ビット算出：仮名、数字＝1字6ビット、アルファベット＝1字2.2ビット、図形＝1項目14ビット
人間の情報処理能力最大値＝50ビット/秒

図9 エラー防止に有効な道路標識(イギリス warwick)

9). 現実にはロータリ式で丸く円を描いているのである。しかし、表示はわざと現実と違って、円の一部をカットし、きわめて的確に安全な通行方向を指し示すのに成功している。カットしたためにロータリに差しかかったドライバは左の方へ自然と誘導される。

もし、忠実に丸い円形デザインをしていれば、Coventryに行きたいドライバの何人かはあわてて近道と勘違いして右に進路を取り間違え、正面衝突という危険な目に遭う人が続出するであろう。これはわざと現実を曲げたことにより表示内容を効果的に「見える」ようにしたと言える。このような着想で我々の身の回りを見てゆけばいろいろと新しい改善が生まれてくるものと期待される。

8. まとめ

以上道路標識を中心に最近の研究を紹介した。「見え

る」「見えない」は本人のタスク状況を理解することから始まる極めて認知人間工学的な現象である事が判った。ドライバ本人が何を見たいのかを知る事から始まり、正しい表示法の議論が展開するのだ。

この他に素材の性質に工夫を施し、自転車ヘッドライトを有効に反射し、夜間の視認性が飛躍的に向上する標識の研究も進行中である。蓄光型塗料の活用等が該当する。これは又別の機会に詳しく紹介したい。本稿が何かのお役に立てば幸いである。

参考文献

- (1) 堀野定雄：「交通安全対策としての道路標識の役割—交通における意味設計—」，自動車技術会，シンポジウム「自動車交通安全の現状と将来について」平成3年9月(1991)
- (2) 堀野定雄，森みどり：「高速道路の案内標識と交通安全 特集ニアアクシデント対策」，労働の科学，50巻5号(1995)
- (3) 狩野広之：「不注意とミスのはなし」，労働科学叢書31，労研出版(1972)
- (4) 久保良敏：「心理学図説」，北大路書房(1979)
- (5) ㈱交通工学研究会編：「案内標識の人間工学的研究」，平成7年度報告書，平成8年2月(1996)
- (6) ㈱交通工学研究会編：「案内標識の人間工学的研究」，平成8年度報告書 平成9年2月(1997)
- (7) 難波誠一：「画像情報処理と提示時間」，NHK 技術研究，Vol.35，No.1，Sq. No.163(1983)