

# 人間・機械系における表示・制御システムの設計について

鉄道労働科学研究所 柳川 邦雄

## 1. はじめに

マン・マシン・システムにおける人間は、機械から情報を得て、これを判断・意志決定し、必要な指示命令を機械に与えて、システムの機能を制御している。

機械から人間への情報伝達は、主として表示を通して行なわれ、人間から機械への情報伝達は、制御機により行なわれる。近代化システムの進展につれ、人間にとつて判断のし易い、制御のし易い表示・制御システムの向題は、ますます重要になり、その設計の巧拙は、システムの機能発揮に大きく影響する。

今回は、主として集中制御システムにおける表示と制御の向題について、マン・マシンの観点から述べてみたいと思う。

## 2. 表示・制御システムの設計にあたり考慮すべき要件

(1) システムの設計にあつては、情報系、意志決定系を中心としたシステム解析および機能設計が先行されるべきであり、その上で、<sup>人の機械の</sup>インターフェース機器など、システムに見合った「物」の具備すべき要件が抽出され、細部仕様が決まることとなる。すなわち、システムの使命、機能、必要員数などの調査、解析を事前に十分行ない、人間の遂行しなければならない仕事と必要情報を、時系列チャートなどにより分析し、つぎに表示・制御の種類、質、量、方法などの検討を進めること。また作業の重要度、迅速性、正確性などの度合いも、前もつて把握しておくことが必要である(後述)

(2) 必要な情報が必要な人に与えられなければならない。人間の情報処理能力は、速度と精度に関して、一定の限界をもっているため、必要以上の情報は、ノイズになり有害である。表示は簡単、明瞭にすること。

(3) 表示と制御の対応をよくし、両者に関連をもたせ、判断の手がかりをふやすこと。操作シーケンス(情報入手-判断-操作-確認)を人間の判断順序、人間のイメージと合せ、無駄な視線の動きや、操作回数を減らす工夫をすること。また操作シーケンスを統一し、混乱や誤判断を防ぐことが必要である。

(4) 機器操作中あるいは操作後、装置内部において間違いなく作業が行なわれていることを、人間が不安なく確認できるようにすること。(フラッシュ、聴覚などで)これは、人間の確認を容易にし、つぎの作業への準備、予測を円滑にするためである。

(5) 操作シーケンスの間の人間に与える情報は、中断させないこと。表示および操作の情報を一時的に記憶しておき、再び取り出すような方式は、誤りが多いものである。

(6) 重要な表示には、警報など聴覚表示を併用すること。特に人間の眼の負担が重いとときに有効である。

(7) 制御の自動化を進める場合人間をつまはさじきに置くような方式は好ましくない。自動制御過程の必要な情報は、人間にフィードバックし、人間が最適な時機にシステムに介入できるように考えることが必要である。

(8) 人間の情報受容の能率は、情報から受ける印象が多いほどよい。従つて、表示や操作盤の配置をよくすると同時に、適切な色、明るさ(輝度)、形状、大きさ、記号化、せん光、線の長さ・太さなど視覚的コーディングを工夫すること(後述)

(9) 表示の大きさ、視認距離、視角、室の照明(特にまぶしい)を適正にする。

(10) 制御動作や保守作業において、人間の作業姿勢が極力無理にならないように、装置の使用頻度との関連で手の作業域(最直、通常、最大の3つがある)と装置の適合を考えること

(11) 装置の配列にあたっては、操作手順、順序を助成し、機能別グルーピング(表示および制御器は機能が同一であるが、特定の作業に関していっしょに使用されるか、或いは一つのサブシステムの構成要素として関係づけられているか)によってそれらを1グループにする)を行ない、適当に空間をあけること。

(12) グループ分けをするときは、つぎの順序で監視または操作されるように、並べるのがよい。ア) 左から右へ水平に、イ) 上から下へ垂直に、ウ) 上から下へ何列かにする。

(13) 人間の視覚、聴覚、行動(操作)などによる情報処理特性を考慮すること。例えば、人間能力の限界、種々な入出力に対する応答のおくれや、人間の入出力が過大、過小になった場合の疲労、誤り、単調感によるモチベーションなどを考えねばならない。

(14) その他設計上の要求条件、制約条件、環境条件などの検討も重要である。

### 3. 情報の視覚表示

#### 3-1 表示の可視性

##### (1) 表示の大きさと視認距離

表示を速く、正確に視認するためには、先ず表示の大きさと視認距離を適正にしなければならぬ。人間の眼は、文字が少なくとも、5分(5/60度)の視角があれば、読むことができるが、見易さから言えば、<sup>最低</sup>10~15分の視角が望ましい。

また文字以外の形をもった表示目標については、その目標確認の正確さと速さを示す研究結果(steedmanとBaker)を図-1に示す。これによると目標の最大寸法に対する視角が12分より小さい時は、探索から確認までの時間とエラーが増加することは明らかである。これらの研究結果ないし他のデータから文字および形をもった目標に対し、最小限12分の視角がないと合理的に正確な確認が保証できないと言える。一般に表示は大きいほど背景や照度を気にしないですむ。図-2に推奨される文字の大きさを、図-3に視距離、視角、表示の大きさとの関係図を示す。

##### (2) 文字の形

文字や数字には飾りをつけないこと。文字の細部は単線で、はつきりしているのがよく、斜めの線は45°に、文字の縦横比は4:3~3:2位に選ぶ(WやIのように例外はある)。白地に黒で書く場合は字画の太さを、字の高さの約1/6に、また黒地に白で書く場合は1/4~1/5にするとよい。

##### (3) 表示の混乱

複雑な表示の中で目標を確認する速さとエラーは、表示の中

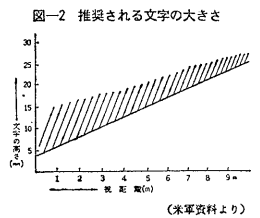
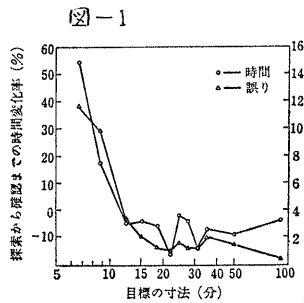
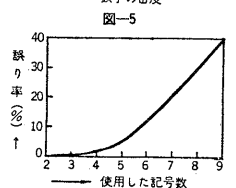
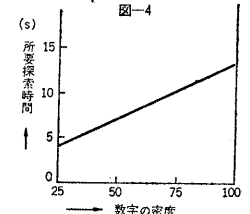
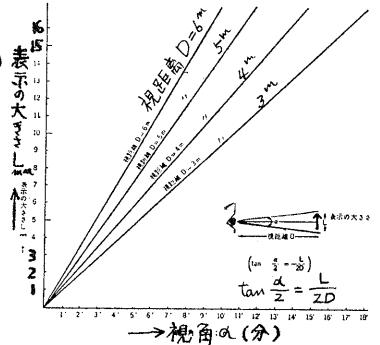


図-3 視距離・視角・表示の大きさの関係図



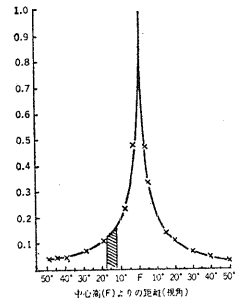
の不適切な標識の数にも影響される(不適切でなくとも表示の密度、配列の良否、コーディングの良否に影響される)これらの数の増加につれて、探索時間は殆んど比例して増加する。図-4と5に Baker の研究結果を示す。

#### (4) 可視性をよくするためのレイアウト

##### ア) 表示盤に対する人間の視角

人間の最適視野は、正常視線を中心とした周辺にある。人間の視力と視野の関係は、図-6の通りで視力1.0の人が実際に1.0の解像力で見えているのは、その極く中心部、視角にして1度位の狭い部分に過ぎない。中心部から10°はずれると視力は0.2以下に下ってしまう。そこで人間は必要な情報を得るために視線を動かし、必要な箇所へ合わせる作業をしているのである。したがって重要な表示は、常時最も多く視線が注がれている部分に近いところにおくことが望ましいわけで、それ以外の箇所では人間が意識して、視線のスキニングをすることによって情報を得ているのである。

図-6 中心視力と周辺視力



視線のスキニングは、できるだけ少ないことが必要である。われわれの行なった実験

(視角120°の範囲での表示確認速度および表示見落とし率の実験(図-7))によると、

水平視角60°の範囲は、発見時間は0.5~0.6秒で非常に速く、人間にとって表示探索、確認のし易い範囲であるといえる。また視角60°~80°の範囲は0.6~0.85 sec、80°~100°の範囲は0.8~1.1 sec、100°~120°は0.9~1.4 sec

となっており、視角が増すにつれ、表示の確認し易さは悪くなるので相当余裕をもった表示を行なう必要がある。表示に対する視角は、水平80°以内、垂直30°以内が望ましい。同じような Sander の実験結果を図-8に示す。

図-7 表示の確認速度の実験データ(劣研試作のユニバーサルモックアップ使用)

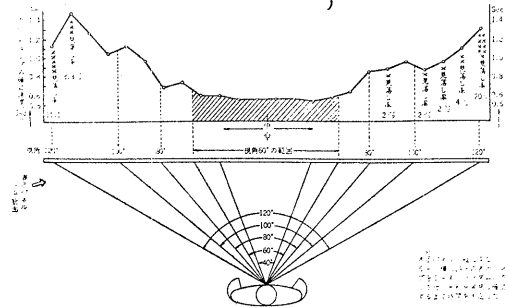
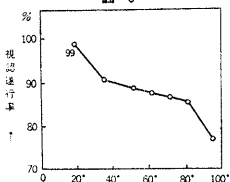


図-8



##### イ) 人間の視線と表示面との角度(視方角)

表示盤が大きかつたり、複数の人間が表示を見る場合には、視線と表示面との角度が問題になる。斜めの視角は遠近のひずみと視差の誤差をもたらす。この角度は90°~60°が望ましく、絶対45°以下にならないよう配置すべきである。

##### ウ) 表示盤の上下位置

表示盤の中心は、人間の眼の高さがよい(椅子位置の人の正常視線は水平より10~15°下をむく)一般には表示盤の垂直方向の視角は上下とも水平面から15°以内が望ましい。

#### (5) HERALD (Human Error & Reliability Analysis Logic Development)

計器やコントロール機器の配置、取付位置が人間にとって適正な状態になっているかどうかについてD値表

計器やコントロール機器が人間の視線から離れて設置されれば、その程度、誤読率や誤操作が増してくる。いま3種類の計器がパネルに取付けられているとしよう。この中1ヶはオペレーターの目視線より10°以内にあり、1ヶは40°、もう1ヶは50°の位置にとりつけられている。このパネルに対しオペレーターが効果的に作業を行なうことの出来る確率  $P = (1-0.0004)(1-0.0015)(1-0.002)$  で求められる。

表示物の(離れ-30度)オペレーターの目視線より	D 値
0°~15°	0.0001~0.0005
15°~30°	0.0010
30°~45°	0.0015
45°~60°	0.002
60°~70°	0.0025
75°~90°	0.0030

## (6) ハイウェイバスの速度計位置についての実験

図-10は、東名高速バスのパネル計画にあたって、最重要な速度計の最適位置を決めるため行なった鉄道労研の実験データである。高速バスでは運転者の主たる視作業は、前方注視であり、この実験では、主たる前方注視作業をブラウン管上の移動スポットの追跡作業におきかえ、速度計の位置をモックアップ上で a, b, c, d の4カ所に変えて、いずれの位置が残された注意力による付加作業として迅速正確に読みとれるかを検定したものである。この結果主視線に最も近い a が最良で b がこれについてだが、実作業のパターンが既に調査してあり、これによる追越しのため、右側バックミラーを見る頻度が高いことが判明していたので、前方と右側方との視線移動ルートにあたる位置 b に決定した。従来の常識を破って、総合パネルからはみだした位置に速度計を設置してある東名ハイウェイバスは、このようなデータのもとに作られたものである。

また速度計では、制限速度でもあり、運転指針速度でもある 100 km/h の確認を容易にするため指針が真上を指す時(時計の12時の位置)が 100 km/h とするよう目盛が設定してあり、作業上有利なことが実証されている。このほかこの車の総合パネルでは、表示灯類を計器より有効に使用して、実作業に対する作業性の向上を計っている(読む表示より見る表示)

### 3.2 表示における視覚的コーディング

表示には、符号、文字、色分けなどによる記号的表示と図形的表示および両者を組合せたものがある。何れにしても情報は、色、数字と文字、形状、方向指示、大きさ、線の長さや太さ、点滅などで、視覚的にコーディング(コード化)することにより、識別が容易になり、情報呈示が効果的になる。例えば「100エンを ¥100。」東京から名古屋までを 東→名。また重要情報は、文字を大きくしたり、太くする、色、形、並び列を工夫したり、アンダーラインを引く。などして判断の手がかりをふやす。

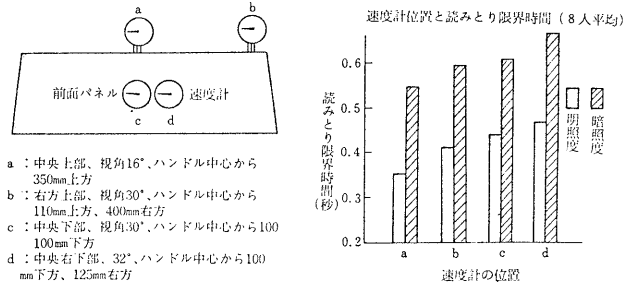
しかしコード化の種類があまりにふえると、効果が低下する。コード化にあたっては、ア) 簡単明瞭なもの、イ) 統一がとれ、できるだけ標準化されたもの、ウ) 習熟のよいもの、がよい。参考までに各コード化の比較表を表-1に示す。

#### (1) 文字と数字のコード化

同種記号の系列が長くなると情報量がふえて扱いにいくくなる。たとえば電話のダイヤルなどで、番号をみて片端からダイヤルする場合には、5桁位までエラーは少ないが、番号を聞き、数秒たつてからダイヤルすると、3桁でもエラーがでることが Conrad によって報告されている。

これを防ぐ方法として、英字と数字の組合せコードおよび記号をハイフンで区切る等が有効である。

図-10 ハイウェイバスの速度計位置と読みやすさの実験(小木他)



- a : 中央上部、視角16°、ハンドル中心から350mm上方
- b : 右方上部、視角30°、ハンドル中心から110mm上方、400mm右方
- c : 中央下部、視角30°、ハンドル中心から100mm下方
- d : 中央右下部、32°、ハンドル中心から100mm下方、125mm右方

表-1 各種コード化の比較

コード	最大伝達項目数	評価	換	要
色	11	良 好	場所を多くとらない、検索時間は短い、一般的には赤、橙、黄、緑、青が使われるが、使用する色の数は少ない方が暗度が低い。	
数と文字	組合せにより無限	良 好	表示密度が増すにつれ見にくくなる	
幾何学的形状	15	良 好	分解能がよければあまり場所をとらない、対象に関連をもった識別し易い記号を選ぶ必要がある	
大きさ	5	やや良い	かなりの場所をとる際察時間は色、形状コーディングより良い他のコーディングと併用すれば効果あり	
明るさ(輝度)	4	やや不良	対比効果が不良になると弱い信号の視認性が減る	実用的には2段階(明:暗の光)を使用する



図-12

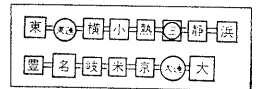


表-2 一般に使用される色彩コード化の例

コード	通	用
赤	火事(警報機、消火器など)、危険(信号、標識物、バリエード)、停止(危険な機械、スイッチ、信号)および緊急事態(警報灯)などの基本色である	
橙	機械類の危険な箇所、スイッチ、歯車、起動部など指示のための色である	
黄	注意を指示し、人がつまづいたり、落ちたりするかも知れないような身体の危険を標識する基本色である、黄色と黒のしま模様はよく使われる	
緑	安全や救急装置を表示するための基本色である	
青	一般には発進を警告したり作中の機器を使用する場合の色であるが、注意を表示する別の色でもある	

(2) 形状コーディング 形状コーディングの例を図-11、12に示す。

(3) カラーコーディング

情報の探索<sup>確認</sup>は、カラーコーディングは有効である。しかし色数が増すに従って精度は下がる。単純な2、3色コードの場合、精度は、ほぼ完全で5色までは完全とは言えないまでも精度は、まあ高い。11色まで使えるが5色以上は、好ましくない。参考のため表-2に、一般的に使用されているコード化の例を、図-13に黒および白背景における有彩色の見え易さを示す。

4. 手動制御による制御パネル

人間にとってよい制御システムとは、正確に速く、しかも楽に作業ができることであらう。速く操作ができるということは、人間にとって操作し易いことであり、正確さにもつながる。以下操作性の物指しとして、入力作業の速さ、習熟効果およびエラーを考えながら、われわれの実験結果をもとに考察する。

4.1 タイプライターによる入力作業

タイプライターはコンピューターなどに対する入力装置としては、汎用性があり、職業的熟練者にとっては、入力速度が速く、扱い易い装置であらうが、非熟練者にとっては、まことに扱いにくくエラー率も比較的多いものである。われわれの実験データは省略するが詳しくは「長時間文字認識検査とタイプライターの入力作業に関する研究」を参照。

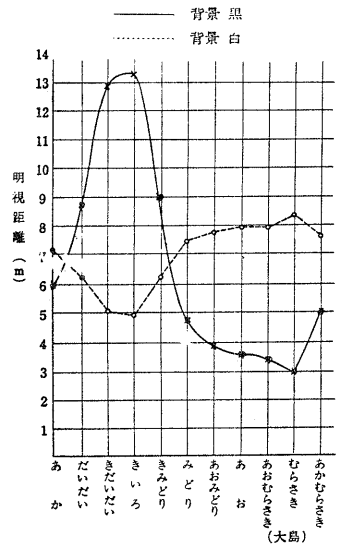


図-13 黒白背景における有彩色図の明視距離 (大島)

4.2 専用キー入力とコード化入力の特性

駅名などを入力する場合、駅名専用キーを使用する場合と駅名コード(2桁数字)を使用するコード化入力方式とは、どのような差異があるかを、<sup>(ワンタッチ)</sup> 数量的にはっきりさせるため行なった実験結果の一部を図-14に示す

(1) 専用キーによる入力は、コード化入力に較べ入力速度、エラー共に優れており、速さは1.6倍から2倍エラーは1/2~1/3になっている。専用キーはワンタッチであるのに対し、コード化入力は、頭の中でコードに変換する必要があり、しかも操作回数が多いためである。

(2) 専用キーは種目(キーの数)がふえるにつれ、入力速度はおそくなるが、コード化入力は種目がふえても習熟すれば入力速度はあまり変りなくなる。従って種目が数十項目になれば、コード化入力の熟練者は、専用キーに匹敵する速さになると思われる。その場合専用キーは、盤面のキー配列上の制約をうける。

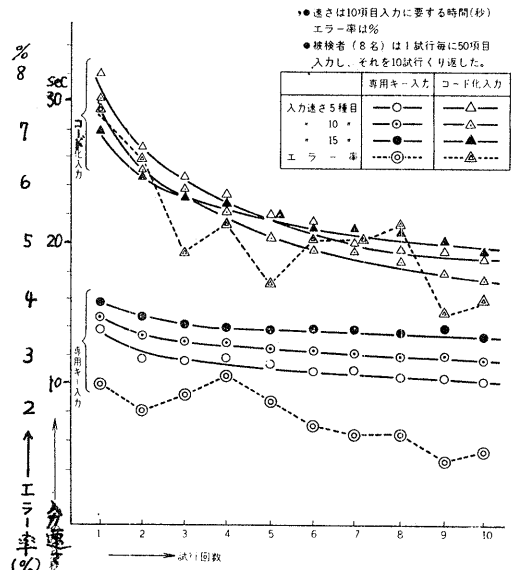
(3) 入力項目の多い場合は、使用頻度の高いものを専用キーとし、その他はコード化入力とする混合方式がよいと思われる。

(4) エラーの中でも、誤りに気づかず、そのまま入力されるエラー(無自覚エラー)の発生率は、専用キー入力のほうが、コード入力より少ない(図-15参照)

4.3 コーディングの効果および自照、非自照キーの比較

駅名専用キーによる入力において、キーの形状、大きさのコーディングを施したもの(図-16、ひかり<sup>ボド</sup>)

図-14 運転整理項目の入力速さとエラー



併車取、運転所はキーの形状、大きさを差してある)とコーディングを施さないもの(画一的なキー15ヶを3つのグループに分けて配置した)との比較およびキーの自照の有無による差異を知るため行なった取入の実験結果を図-17に示す。

(1) コーディングを施したキーボード(B形)は、施さないもの(A形)

に較べ、迅速性、正確性ともに優れ、入力速度は約10%速く、エラー発生率は約20%よくなっている。

(2) 自照キーと非自照キーとは、入力速度については、殆んど差異が認められませんが、エラー発生率はB形で30%、A形で6%程度、自照キーの方がよくなっている。

図-17 専用キーによる取入の速さ

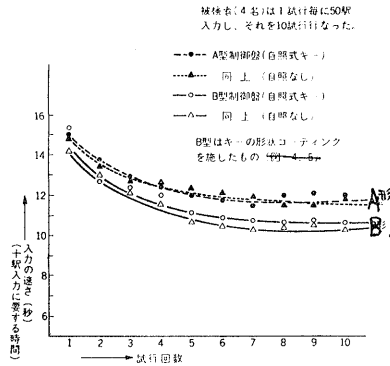


図-15 各種入力作業のエラー

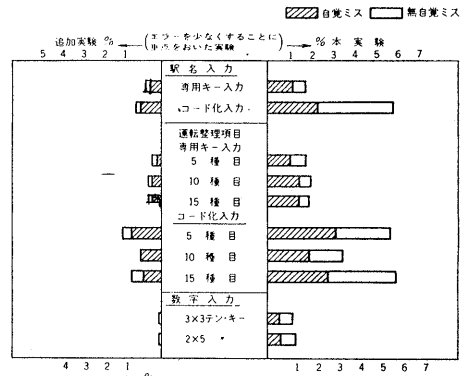


図-16 駅名入力用キー

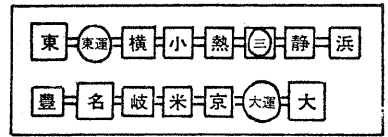


図-18 Ten key による数字入力の速さとエラー

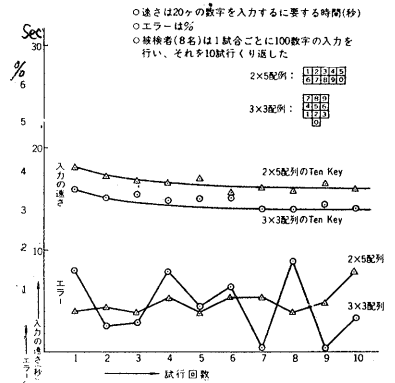
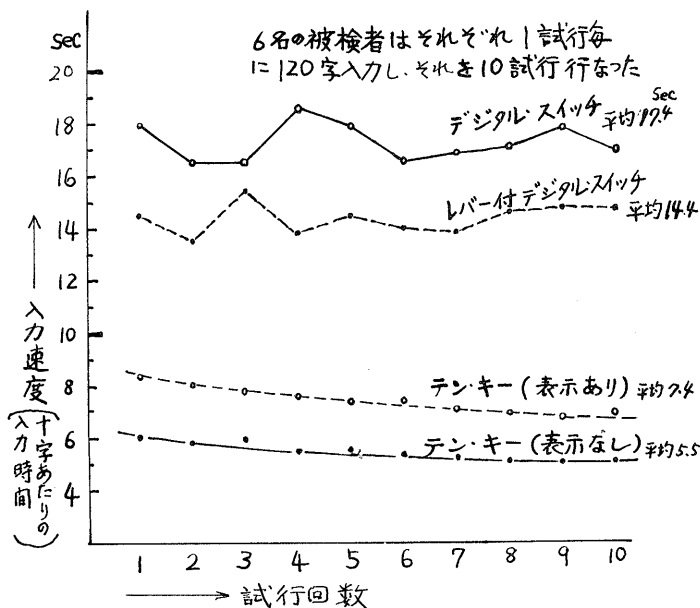


図-19 各種入力機番による数字入力の速さ



つぎに、テンキー(表示あり、なし)、デジタルスイッチ、レバー付デジタルスイッチの4種類についてその特性比較をするために行なった実験結果を図-19、表-3に示す。

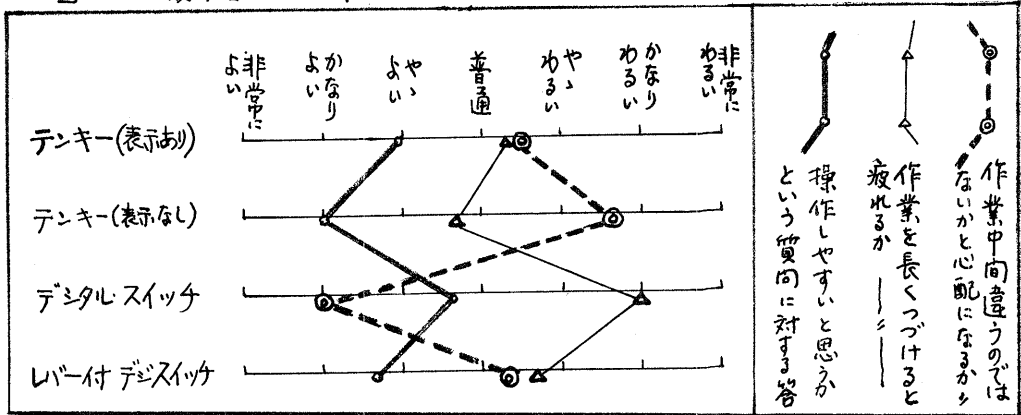
1) 作業速度については、テンキー(表示なし)が最も速く、以下テンキー(表示あり)、レバー・スイッチ、デジタルスイッチの順になっている。テンキー(表示あり)は表示なしに較べ表示を確認する作業が付加されるので、やや入力速度はあそくなっている。

- (2) デジタルスイッチは操作爪が小さくダイヤル廻転力が大いので動作は確実であるが操作性は悪い。また長時間連続使用には適さない。
- (3) 誤り発生率(表-3) デジタルスイッチが最も少なく ついでレバー・スイッチ。

表-3 数字入力の誤り率

機 器 種 別	無自覚誤り	自覚誤り	誤り計
テンキー(表示あり)	0.069	0.555	0.624
テンキー(表示なし)	0.125	0.444	0.569
デジタルスイッチ	0.083	0.056	0.139
レバー付デジスイッチ	0.222	0.139	0.361

図-20 被検者による評価



デジタルスイッチ、テンキーの順になっているが、誤りに気づかずそのまま入力される誤り(無自覚誤り)は表示付テンキーとデジタルスイッチが最も成績がよく表示なしテンキーがそれにつき、レバースイッチは最も悪い。デジタルスイッチとレバー・スイッチは表示とスイッチが一体となっていて確認がし易い。しかしレバースイッチはダイヤル廻転力が小さ過ぎC/D比が1:4になっているので誤りを起し易い

図-20に被検者の評価をまとめたが、扱い易いか、疲れなにかという設問に対しては表示なしテンキーが最もよく、ついで表示付テンキー、レバースイッチが好まれ、デジタルスイッチは最も嫌われている。一方誤りに対する心配の度合は、デジタルスイッチの評価がとびぬけてよく、表示なしテンキーが最も悪くなっている。

このようにして実験を行なつたデータを出したり、アンケート調査をしたりして、以前評価を行なうことは、設計上非常に有効である。何れにしてもインターフェース機器の選択にあたっては、人間の特性、用途に応じて検討されなければならない。

4.5 制御パネルにおける作業域  
バーズとスクワイヤが定めた作業域を、図-21に示す。コントロール機器の中で重要かつ頻度の高いものをリストアップし、その中でウェイトの高いものは、通常作業域に配置し順次ウェイトの低によりその周辺に配置するようにする。

非常用操作鈕などは足常業務用の配置と全く別の位置におくことも必要である。図-22は、われわれの行なつたパネルの操作実験データである。パネルの中心部から遠ざかるに従い、表示の発見、操作に時間がかかり取扱いにくくなるのは明らかである。良好な作業域は、図からはっきりしてくるが、左右方向でいうと、最良は

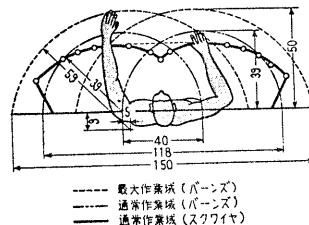


図-21 作業域

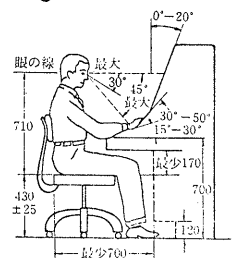


図-23 コンソール断面図

中心部左右50cmの盤面であり、ついで80cmが良好で、左右120cmは限度といえる。

### 5. 人間-機械システムの解析

人間を含むシステムについての「システム・アナリシス」は未開発の分野で、定形化されたものはないが、要はシステム導入の目的をはっきりさせ、目標達成のためには、どのような機能が必要か、機能のウエイトづけはどうかを明らかにして、機能に必要な情報を整備、開発することが必要である。そのためには対象となるシステムについて解析を十分行ない人間が①何を知覚しなければならぬか、②何を決定しなければならぬか、③どのような操作を遂行しなければならぬか、……などを詳細に分析し、システム計画、設計に反映させなければならぬ。人間と機械が複雑な場合は、マン・マシンのインターフェースも個々の問題として考えず、全体としての問題として考えないと、真の問題の所在があいまいになり、正しい解決の方策が見失われるおそれがある。

わねわねの行なつた2,3の解析手法を照会すると

#### (1) リンク解析

人間と機械の関係をj知るため1情報、1動作ごとに、リンクで結んで、そのリンク数、ウエイトなどから分析する手法で、視覚、聴覚、触覚、コントロールなどの各リンクに区分する。リンク格付は重要度と頻度をもとに、相対的なリンク値であらわす。一般に行なわれている方法としては、リンク線の中間の△印の中に頻度数、○印の中に重要度(相対的ウエイト)を記入する。

リンク解析法は、割合に簡単なので現行システムの改善、計画中のシステムの言平衡などに有効である。実際に用いてみると、リンクの交錯、重複、無駄などが発見され、機能の操作性向上、各単位機器のレイアウトの最適化などが図上で求められる。作図は縮尺あるいは少なくとも関係位置を尊重して行なう。図-24・25にリンク解析例を示す。

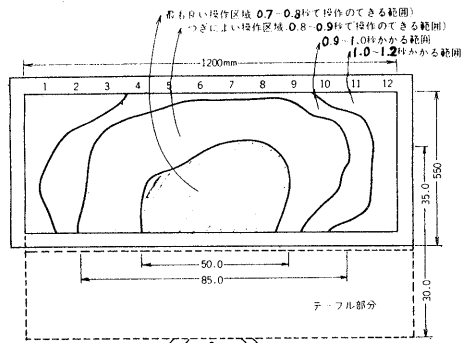
#### (2) OSD法 (Operational Sequence Diagram)

この方法は、システムの中で人間と機械が果たす役目を、情報-決定-アクションの流れで示して、システムの機能を表示するもので、情報入手、記憶情報、判断、意志決定、アクション、装置類などの関係を記号化した線図で表わすものである。記号の一般的なもの、図-26の通りである。図-27は東海道新幹線総合指令所における平常時業務の実時間基準のOSD解析例である。

#### (3) CDPA法 (Man Machine Communication & Decision Making Process Analysis)

各種のサブシステムを有機的に統合して運用される大システムの 指令業務 (Command)

図-22 パネルの操作実験データ (疲労研試作のユニバーサル・パネル使用)



パネルにランプとスイッチを前にしたものを格子に横12縦9並列した実験用パネルを用いてランプをランダムに点灯させその直下のスイッチを操作することしランプ点灯からスイッチ操作までの時間(sec)を測定した

図-24 リンク解析の一般的例

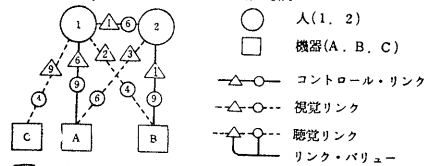
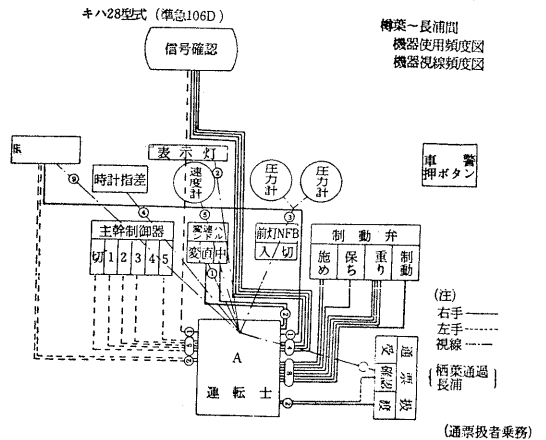


図-25 国鉄ディーゼル動車運転台におけるリンク解析





and Control) 的な作業を解析して、システムの神経系統ともいえる情報系と、それに基づく意志決定およびアクションの複雑な関係を探る手法である。

新幹線総合指令において、指令業務をより効率化するため、コンピューター・システムの導入が進められているが、これらに必要な資料を得るため、金沢労研で開発したものである。図-28にその一部を示す。

この図に示したものは、ある事故発生を、電気指令が、監視盤でダイヤ分けてから、ダイヤ回復に至るまでの様子を示したもので、図中真線は、情報の受授、斜線をほじこした部分は情報の蓄積(定性的に受けた情報、処置した情報)を示し、大形の三角印は、それらの情報をもとにある意志決定が行なわれて、局面が、次の段階に移ることを示している。これは16チャンネルのレコーダーを用いて待機し、事故発生と同時に駆動して記録したものの分析である。このようなデータから解析すると、総合指令所における情報収集、判断、決定、伝達、制御の過程がはつきりし、コンピューター・システムを導入した場合、列車進路の構成の自動化、情報伝達の機械化、運転整理の自動判断およびその支援など、従来人間の行なってきた処理の中、省略或いは、機械化されるものや、キヤラクター・ディスプレイなど新たに人間と機械の対話、制御を必要とする部分などの検討、すなわち図上シミュレーションが可能になる。

更に、これらの解析事件をもとに、ツマのようなものについて、事例研究、面接調査、アンケート調査などによりデータを求めれば、一層効果的である。

- ① 過去1〜2年の間におこった事故の調査分析(事故種別、規模、内容、頻度、問題点等)
- ② ①の調査から得られたいくつかの代表事故例についての事例研究(各指令、各レベルにおける意志決定とそれに必要な入出力情報を時系列に調べ、OSD、CDPAダイアグラムに書き、指令情報系の特性を明らかにする。)
- ③ 表示盤、その他ディスプレイから入手する情報の分析(表示情報の種別、必要とする人、必要時期、情報発生頻度、情報の重要度、迅速性、表示システムの向題点)

### 6. 複数の指令員と表示システム

複数の指令員は、必ずしも、表示盤から同じ情報を必要としているものではない。例えば、新幹線総合指令における運転指令は、指令長、当直長、一般指令員からなり、指令長、当直長は大局的な運転整理、列車、乗務員の運用計画および一般指令員に対する指示、命令、指導が主な仕事で、

図-26 OSDの要素

○	オペレータ意志決定	復線記号は自動操作を要せず
□	アクション(コントロール操作)	単線記号は自動操作を要せず
▽	伝達情報	
○	受信情報	
□	記憶情報	
■	アクションないまたは情報なし	
■	システム・ノイズまたはシステム・エラーによる部分的情報、または不適当操作	

図-27 電車指令を中心とした新幹線総合指令のOSD

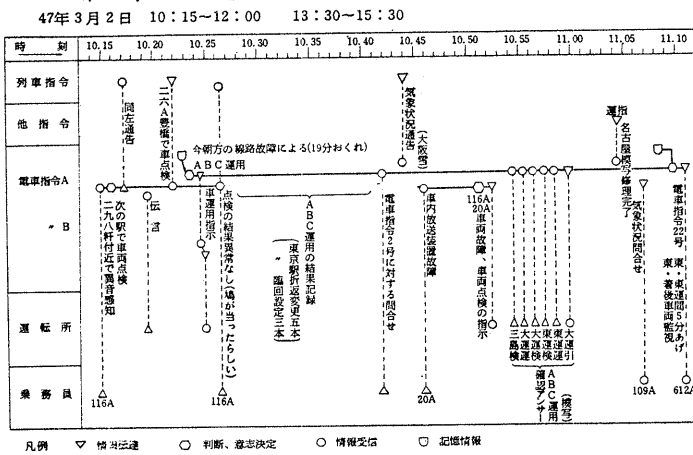
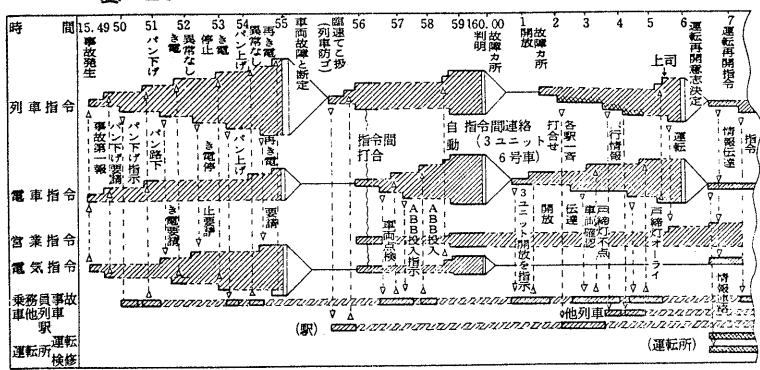


図-28 総合指令におけるCDPAダイアグラムの一部



一般指令員は、自分の分担する区域の列車運転制御と現場機関との情報交換が主な業務と考えられ、夫々に必要な情報および緊急度、重要度は異なる。一般に必要な情報と複数の人間の関係は複雑である。人間の特性から考えると、表示と制御の対応のし易さという点では、両者が離れていることは、好ましくない。一方前面に大形表示盤を設けることは、複数の指令員にとって有効である。複数の指令員と情報の関係が例えは、図-29のような場合には、図-30のような

指令員と表示の関係が考えられる。すなわち大形ディスプレイ、グループ用ディスプレイ、コンソールに組込まれた専用ディスプレイなどを適度に組合せ、必要な人に、必要な情報を提供するシステムを考えることも必要である。表示盤は、各人の位置から十分な可視性、可読性をもつことが必要である。しかし表示が複雑すぎたり、乱用されることは、それが不要な人達にとっては妨害情報(Noise)になることも考えなければならぬ。

一般的には情報交換にあたり、視覚表示にゆだねてもよいものは、つとめて、視覚表示を用いるのがよく、できれば電子的、電光的ディスプレイの開発運用により、理解し易い判断し易い表示が望まれる。

参考のため表-4にシステムの特徴からみたパネルの考え方を示す。

7. おわりに

最近のように、システムの自動化が進むと人間が直接連続的に機械を制御することは、少なくなり、監視および異常事態などに随時介入するケースが多くなり。オペレーターは緊張をゆるめた状態から突然、困難な制御作業の開始を強いられる局面があらわれてくる。

また最近のシステムにおいてはオペレーター・ミスに起因する事故の比率が非常に増え、その影響度が大きいのも事実である。

重要な制御においては、少なくとも安全を見越して、低い人間の能力レベルに合せ、制御容易なシステムにすると同時にフェイルセーフ、ロッキング、冗長度を余分に与える等バック・アップ・システムを十分考える必要がある。

( 終り )

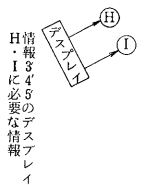
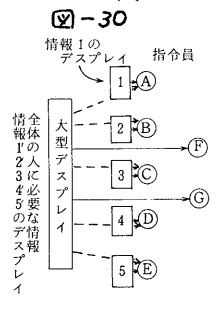
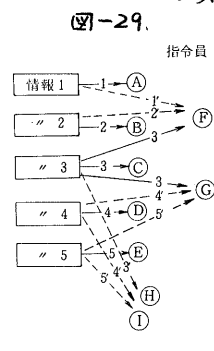


表-4 情報入手と制御から見た作業の特徴とパネルの考え方 (飯山)

作業の形態による分類項目	A 特定の対象物の常時監視+パネル監視 + 常時制御	B 常時パネル監視 + 常時制御	C 常時パネル監視 + 随時制御	D 随時パネル監視 + 随時制御	E 随時作業+制御 + パネル監視
作業の特性、問題点(例)	do-something system . 視覚入力か2系統 . 視覚入力オーバーになり勝ち . 情報入力と制御の対応が緊密 (自動車・航空機の操縦レーダーなど) CRT監視工作機械、鉄鋼圧延設備など	do-something system . 目によるスキューニング . 作業の負担大 . 情報表示方式の巧拙により制御に影響 (一般の遠隔制御装置CTCなど)	随時作業をしない do-something systemであるため、単調感などの問題をほらむ . 装置に人間を随時介入させるときの不調和除去が必要 (自動化要素の多い装置、発電所、一般のプラント設備など)	他の作業と併立可能な監視制御など装置介入のタイミング(人間へのコミュニケーション)に工夫が必要 (自動化要素多く、判断要素の少ない装置)	随時作業が情報の主力であるため、視覚入力には余裕がある . 視覚表示の選択配置は自由度高い (ソナー、通信機など)
表示パネルの構成上の特性	対象物の監視を優先させるためパネル形状、寸法、配置上の制約あり . パネル分割(上下・左右)の考慮も必要 . 目の調節機能(遠近、明るさ)との調和も必要 . 目の運動範囲が広がるので、特性との適合に注意	パネル上のコンポーネントの数、大きさから大形パネルになりやすい . 識別可読性、相互の関連に特に注意が必要 . 制御パネルとの対応に注意 . 監視制御者同一人の場合は、制御パネルと一体化したほうが一般に便利	隔離感・孤独感の除去に留意 . 制御要請の表示に工夫が必要 . 音響表示、閃光表示の効果的使用がたいせつ . 表示には現在値だけでなく、過去の経過、予測値などがあつたほうが便利ことが多い	制御要請の表示が必要 . 音響表示、閃光表示(触覚表示)など効果的使用がたいせつ . 制御の直接的指針となるような表示が必要	特に大きな制約はない (一般に制御パネルの構成が優先する)
制御パネルとの関連	操作者の識別に特に留意(誤操作防止、視覚以外による識別も考慮) . 無意識作動の防止 . 表示パネルと一体化させるほうが一般に使用上便利	大形パネル(遠方)では目の調節機能(遠近、明るさ)との調和を考慮 . 表示との対応に留意 . 操作者のうち常時手を触れていないものについては、識別を容易にする	必要な操作者の識別を容易にする . 表示との対応に留意 . 大形パネルの注意はB項と同じ	必要な操作者の識別と操作方式に工夫が必要 . 表示との対応に留意 . 大形パネルの注意はB項と同じ	一般に表示パネルと一体化させたほうが便利 . 記録作業を併施する場合を考慮した配置とする
その他			単調感防止策をパネルも含めて、総合的作業システムの中で考える	組合せる他の作業の内容との関係	