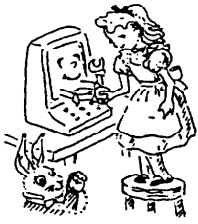


解 説

各種システムにおける人間的側面



新幹線総合指令システム†

山内 一 泰††

1. 新幹線総合指令所の概要

東海道・山陽新幹線では、東京～博多間約 1176 km の区間に、1 日 200 本を越える新幹線列車が運転されている。これらの列車群は、すべて、東京駅近くにある新幹線総合指令所で、数名の列車指令員によって管理されている。

新幹線総合指令所は、地下 2 階、地上 6 階の建物で、新幹線の列車を安全、正確に運転するためのすべての情報と必要な管理と制御を行うための機能が設けられている。

5 階の総合指令室 (50m×14m) には、直接列車群の管理を行う列車指令のほか、電車や乗務員の運用を管理する電車指令、電力設備を管理する電力指令、線路などの施設を管理する施設指令、信号設備を管理する信号指令、通信設備を管理する通信指令、コンピュータを管理するコムトラック指令、旅客に関する問題を扱う旅客指令などがある。

したがって、事故・災害などで列車運行が乱れた場合には、これらの各指令が、それぞれの情報を収集しながら、指令長を中心に、指令間で連絡打合せを行い、正常な列車運行の回復へと処置を行うことになる。

今回は、このうち、中心となる列車指令の業務について、主として人間工学的側面から述べてみたい。

2. コムトラックの導入

新幹線では、開業以来、210 km/h という高速かつ高密度で運転する列車群を管理するため、従来の運行管理方式 (指令員⇄電話⇄駅長⇄口頭⇄乗務員) とは異なり、CTC (Centralized Traffic Control: 列車集中



図-1 新幹線総合指令室 (列車指令) の一部

制御装置) や列車無線によって、直接、指令員が駅の分岐器操作や乗務員に指示する方式を採用している。

したがって、指令員は、列車の運行状況に常時注意を払い、ダイヤと表示盤を見て運転整理方を判断し、タイミングを失することなく、制御盤上での (分岐器操作スイッチ) を扱うことによって、進路制御を行ってきた。

しかしながら、列車本数の増加や運転区間の延長 (東京→新大阪→岡山→博多) に伴い、列車種別 (「ひかり」停車駅パターンの多様化) が増加し、列車の順序も不規則になるなどダイヤの構成が複雑になる傾向にあり、いったん列車の運行が乱れると運転整理や、指令手配の作業と進路で扱いの作業とが重なり、指令員は大きな負担を負うようになってきた。

そこで、このような指令員の作業を能率化し、指令員を、機械的で緊張する作業から解放して、より高度な判断を要する仕事に専念させることによって、運転管理の質的向上をはかるといのが COMTRAC (COMputer aided TRAffic Control system: コムトラック) 導入の基本的な考え方である。

コムトラックの動作概要を 図-2¹⁾ に示す。

3. 指令員の情報処理

コムトラックによる指令員の作業を図式化してみる

† Dispatching System of the Shinkansen by Kazuyasu YA-MAUCHI (Japanese National Railways, Railway Labour Science Research Institute, Human Engineering Research Laboratory).

†† 日本国有鉄道鉄道労働科学研究所人間工学研究室

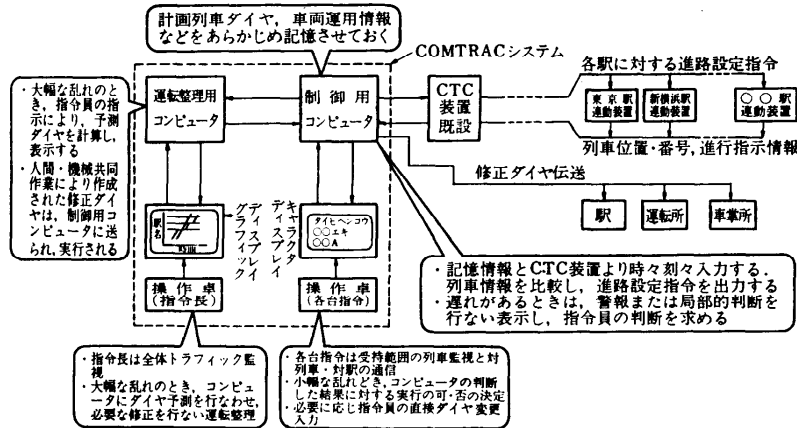


図-2 コムトラックの動作概要

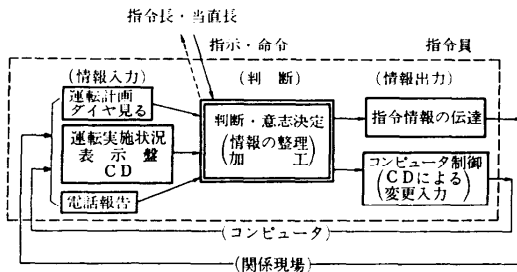


図-3 指令員の情報処理

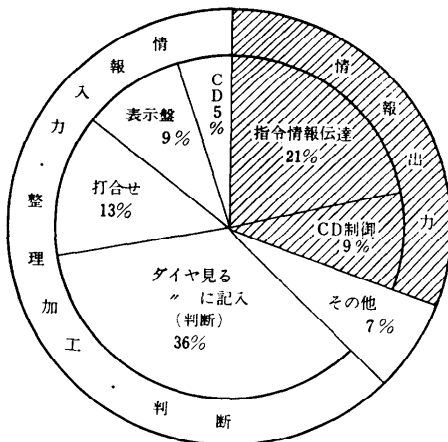


図-4 指令員の作業細目別時間比率

と図-3²⁾のようになる。

指令作業の作業細目別時間比率を求めた1例を図-4²⁾に示す。この図から、時間比率で30%の情報出力を行うために、60%を超える時間が、情報入力、情報の整理加工、判断に費やされていることが分かる。

一般に、人間の操作の信頼性は、操作のしやすさに加え、動作と判断の時間的調和に関係しているといわれている。列車指令作業においても、列車運行の乱れの増加などに伴い、指令情報伝達とキャラクターディスプレイ（以下、「CD」という）などの制御動作がふえて、情報収集・判断の時間が十分に取れなくなると指令員の負担が高くなり、短絡行動や情報処理の質の低下が起り、信頼性の低下する恐れがあると考えられる。

4. 表示装置

4.1 表示盤の見やすさ

列車指令用の CTC 表示盤には、列車の走行位置や列車番号、信号設備の動作状態などの情報が、東京・博多間について表示されるようになっている。

人間の最適視力は、正常視野の中心にあって、注視点からずれると視力は急激に低下する。したがって、重要な表示は、常時、最も多く視線の注がれている部分（視角 30° 以内）に置くことが望ましい。われわれの実験によれば、人間の表示盤に対する水平視角は 60° 以内の場合、表示の探索、確認がしやすく、所要時間も短い。

列車番号などの表示に使用される数字表示器の大きさと適正な視認距離との関係を調べた実験結果によれば、数字表示器の種類によって若干異なるが、適正視角としては 15 分程度が必要である。また、どの数字表示器でも、斜から見る場合の視認性は悪くなり、表示盤と視線とのなす角（視方角）は 45° が限界と考えられる。

4.2 表示灯などの明るさ（輝度）

監視・制御作業における表示は、可視性、可読性のほか、視覚的快適性が重要な要素で、実験の結果では、表示灯の点滅確認が快適・容易に、しかも長時間できるかどうかは、表示灯の明るさ（輝度）、コントラスト率（表示灯とその背景との輝度比率）、色、大きさ、視認距離などいろいろな要素に左右されるが、特に、表示灯の色によって適切な輝度は著しく異なることが明らかとなった。CRT の表示の場合も色によって見やすさが異なることはよく知られている。

指令員の視作業を分析してみると、CD 画面を見るほか、列車ダイヤや帳票を調べる、他の指令と打合せをする、操作のためキーボードを見るなど視線の移動回数が多く、確認が入念に行われていることがわかる。

視線の移動がひん繁な場合、視認対象物の明るさのコントラスト（輝度の差）が大きいと眼の疲れに大きく影響するので、照明、採光などを十分考慮した作業環境や設備条件の設定が必要である。

5. 制御装置

新幹線のコムトラックでは、異常時における CD 制御のキー操作回数は、多いときには 1 時間当たり 200 回前後にも及び、制御盤の操作性、人間の操作の信頼性が大きな問題となる。

5.1 制御パネルの作業域と傾斜角

図-5²⁾は、ユニバーサル制御パネルを使って行った作業域に関するパネルの操作実験データのまとめである。パネルの中心から遠ざかるにつれて、表示の発見、操作に時間がかかり、取扱いにくくなる。

制御パネルの傾斜角度は、視認性が重要視される場

合は 15~30° が良く、操作性が重要視される場合は 45° が反応時間が短く、操作しやすいパネルであるといえる。

5.2 専用キー入力とコード化入力作業

駅名などを入力する場合、駅名専用キーを使用する方式と駅名コード（2桁数字の場合）を使用する方式とでどのように差異があるかについて実験を行った。

専用キーによる入力は、コード化入力に比較し、速さは 1.6~2 倍、誤りは 1/2~1/3 になっている。しかしながら、専用キー入力では、項目（キーの数）がふえるにつれて入力速度は遅くなるが、コード化入力は項目がふえても習熟すれば入力速度はあまり変わらない。したがって、項目の多い場合は、制御盤の広さの制約もあるので、使用頻度の高いものを専用キーとし、頻度の少ないものをコード化入力とする混合方式が良いと考えられる。

5.3 ライトペン方式とタッチ入力方式

コンピュータ制御用に用いられているライトペン方式は、われわれの実験によれば、初心者にとってあまり使いやすいものとはいえないようである。特に、数字などのデジタル情報の入力には適さない。したがって、ライトペン方式を使用する場合は、入力画面に適切なフォーマットを用意し、効率良く入力する方法を検討する必要がある。

最近使われ始めているタッチ入力方式は、CRT 画面の表示を直接指でタッチすることによって情報を入力することができるため、使用しやすい情報入力端末装置と考えられる。しかしながら、センサの配列などから画面に含まれる情報量の限界や入力の信頼性などが今後の検討課題になるものと思われる。

6. ソフトウェア

ここでは、いわゆるコンピュータ制御用のプログラムを指す狭義の場合とハードウェア以外のすべてを指す広義の場合について考える。

6.1 狭義のソフトウェアの問題

コムトラックなどの指令システムが使いやすいか否かは、表示装置が見やすい、制御装置が使いやすいなどの外に、システムの状態などを示す CD、グラフィックディスプレイ（以下、「GD」という）などへの情報の出し方、内容などが指令員に分かりやすく、判断しやすくなっていることが重要である。

また、従来は、どちらかといえば、コンピュータのプログラムの取扱いは専門家にゆだねる場合が多かっ

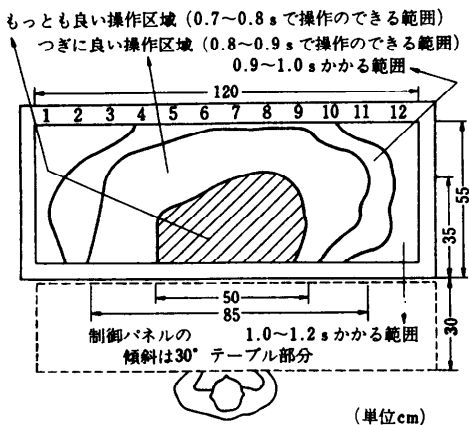


図-5 操作パネルの実験データ

たように思われるが、今後は、必要により、指令員が容易に変更でき、平日と休日のダイヤのプログラムの切換も、スイッチ操作一つでできるような配慮が必要と思われる。

6.2 広義のソフトウェアの問題

どんなに自動化されたシステムであっても、人間とのかかわりあいなしに運営することはできない。広義のソフトウェアでは、要員の教育・訓練、異常時の体制などが問題となる。

(1) 要員の教育・訓練

コンピュータの導入によって、自動化が進めば進むほど、正常時に、人間に要求される直接作業は少なくなる。しかしながら、異常時には、自動制御の一部または全部が動作しない状態で、人間がシステムに介入することが要求される。したがって、異常の体験や異常時の訓練を受けていない作業員、特に、新しい世代の人にとっては、緊急には対応しきれないような作業課題となりかねない。

このような事態に対処するためには、作業員が、システムの中の各要素の相互の関連と影響の波及度合などを十分知ったうえで、自己のパートを守るというレベルまで訓練される必要がある。

(2) 異常時の体制

異常事態の収拾に当っては、どのレベルの損失で事態を収拾させるか、その望ましい要求水準を何段階かに設定して、システムの状態を考えておく必要がある。このような目標がないと、システムの異常事態に直面した場合、回復への過大な期待と現実の行動の間

に大きなギャップを生じ、かえって混乱を大きくすることにもなりかねない。

また、無人化、省人化によって、例えば、駅で列車運行の機能維持に当たっていた人々がいなくなるため、異常事態での情報の伝達、処置などについて、伝達すべき（されるべき）情報の量、内容、伝達の時間的要素などの面から十分検討しておくことが必要である。

7. おわりに

どんなにすぐれた計算機システムであっても、人間とのかかわりあいなしに運営されることはできない。したがって、マン・マシン・システムとしてみた場合、「システムとして、ある機能を備えている」だけでは不十分で、常に、「人間が、そのシステムを十分に使いこなして、その機能を有効に発揮できる」ようになっていなければいけない。

そのためには、人間の特性や時系列的な要素を十分理解したうえで、マン・マシン・システムとして最大機能が発揮できるシステム作りとシステム運営が必要であると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 尾佐竹徇他編、川村忠男他：交通システム，p. 271，日刊工業新聞社，東京（1972）。
- 2) 柳川・山内ほか：新幹線総合指令における情報系の解析と考察(2)，鉄道労働科学，No. 30，pp. 155-179（1976）。

（昭和58年2月8日受付）