

3D-5 有人宇宙システムにおける 人間機械系設計評価システムの開発 (2)

白相雅巳 山口孝夫 坂下哲也 小泉昌司 後藤 智
システム総研 宇宙開発事業団 宇宙開発事業団 システム総研 システム総研

1. はじめに

「宇宙ステーション計画」における日本初の有人宇宙システムJEM (Japanese Experiment Module) において、人間機械系設計の妥当性を「使い勝手」の観点から評価するシステムを構築し、取得されたデータをもとに評価基準の設定をおこなっている。評価システムの概要については前回報告した。ここでは表示器と操作器の位置関係により操作の容易性がどのように異なるかを検討した例により、本評価システムの具体的な測定・解析手法を報告する。

2. 評価試験

(1) 手続き

4つの押しボタン型スイッチを組み込んだ配置可変型操作器パネルを試験用モックアップの左上 (A)、右上 (B)、右下 (C)、左下 (D) 4箇所の位置に移動、配置する。被験者には中心のディスプレイに呈示した4つのアナログメータの監視を行わせ、目標値レベル内に指示針が入ったことを検出し次第、操作器パネル上の同じ番号のスイッチを押すタスクを行わせた (図1)。データとしては、検出及びスイッチ押しに要した反応時間、表示器/操作器間の視線移動 (サッケード)・停留時間、動作 (到達・調整) 時間を取得/解析した。

(2) 結果

図2に各測定法による試験結果を操作器位置別に示す。全体的な評価指標である反応時間においては有意差は認められなかったが、認知的な指標としてのサッケード、動作指標としての

到達時間では、各操作器位置により有意な差が認められた。これは人間機械系の設計評価においては、タスクの内容により結果が左右される場合も多いため、反応時間のような総合指標だけではなく、認知や動作に関する個別の評価も行うことが必要であることを示唆している。

3. タスク記述とネットワークモデルの構築

試験結果を人間のパフォーマンスと機械の入出力による人間機械系のタスク系列として記述したものを図3に示す。ここでは反応時間 (RT)を、目標メータの認知時間 (T_{cog})、動作開始までの反応潜時 (T_{lat})、目標スイッチまでの視線移動時間 (T_{sac})、目標スイッチの視線停留時間 (T_{fix})、基点から目標スイッチへ指先

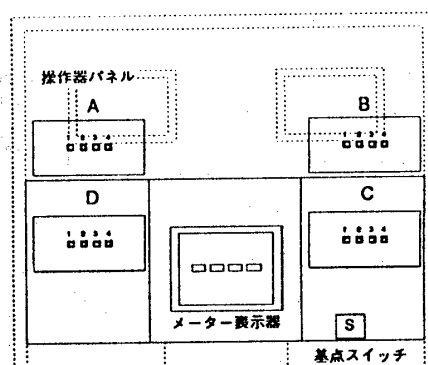


図1 実験レイアウト

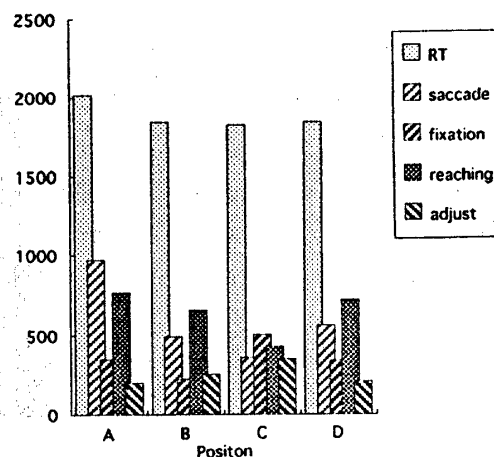


図2 試験結果

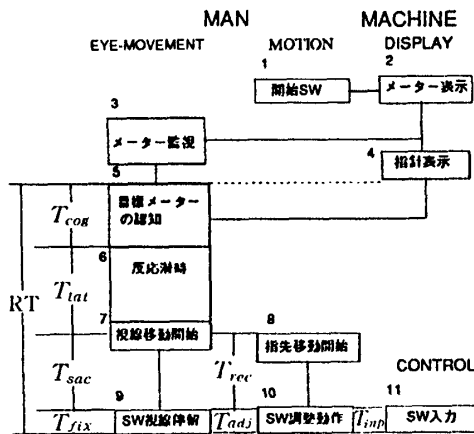


図3 人間機械系タスク記述

が移動する到達動作時間 (T_{rec})、操作を完了するまでの動作調整時間 (T_{adj})、機械的な信号入力時間 (T_{inp}) の総和と定義する。また視線移動から始まる視認動作と、指先移動から始まる身体動作は、試験データの分析から並列処理過程とされた。このタスク要素と系列は次式のように示される。

$$RT = T_{cog} + T_{lat} + \left[\begin{matrix} T_{sac} + T_{fix} \\ T_{rec} + T_{adj} \end{matrix} \right] + T_{inp} \quad \text{式 1}$$

次にユーザの認知情報処理過程の近似モデルである Cardら (1983) の人間情報処理モデル (Model Human Processor) を参考にタスクネットワークモデルを構築した。式1において示された各要素とタスクの流れは、図4のようなタスクネットワークモデルとして表すことができる。

4. シミュレーションの実行

タスクネットワークの要素に必要な変数、分岐型、分岐確立、平均所要時間、標準偏差等を試験結果 (図2) や既存の実験値から入力し、コンピュータシミュレーションを実行した (図5)。シミュレーション値 (RT.sim) は操作器位置 B,C においては実験値 (RT.data) をよく再現した結果となっている。しかし操作器位置 A,

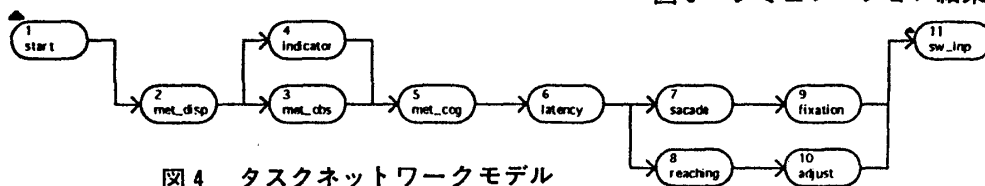


図4 タスクネットワークモデル

Dでは実際の試験結果よりシミュレーション値が高い傾向にある。これは位置 A,D についてはこのタスクネットワーク外の要因が働いていると考えられる。そこで本試験で同時にデータ取得した搭乗員の主観的評価 (改訂版クーパーハーバー尺度法) 結果及びエラー数を見てみると、ともに [困難: 誤反応] $A > D > B = C$ [容易: 正反応] という順序になっている。これは位置 A,D は B,C に比べ認知的にも、動作的にも時間がかかるため (図2 試験結果の saccade, reaching 参照) 余裕が少なくなり「操作しにくい」と感じたり、遂行精度を犠牲にする割合が高いということである。そこでこの要因を余裕係数として A,D に 0.9, 0.95 を乗じてみた値が RT.mag であり、全体的に実験値と近似した結果となっている。これは、このような係数をタスクネットワークの要素中 (6 の反応潜時等) に挿入することで、より現実的な予測評価 (シミュレーション) を行うことができる可能性を示唆している。

現在、本報告のような基礎的な評価試験 (主に試験用モックアップでのデータ取得・解析) はもとより、JEM ワークステーションやマニピュレータ試験設備等の実際的な評価対象についても多数の試験を行い評価基準の整備を進めている。

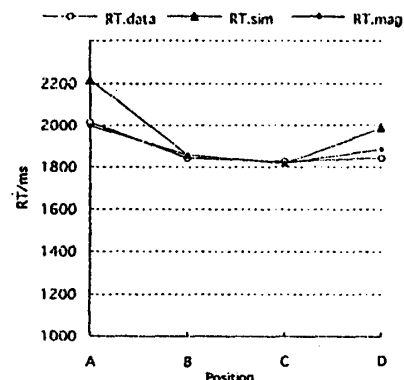


図5 シミュレーション結果