

氏 名	橋 本 寛 はし もと ひろし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 514 号
学位授与の日付	昭 和 47 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	人 間、機 械 系 に お け る 人 間 の 制 御 動 作 に 関 す る 基 礎 的 研 究

論文調査委員 (主 査)
教 授 明 石 一 教 授 得 丸 英 勝 教 授 樫 木 義 一

論 文 内 容 の 要 旨

人間—機械系において制御対象である機械が複雑、大型化するにつれて人間に要求される制御動作は非常に難しいものになってきている。人間—機械系における動的諸問題を研究することは現実の人間—機械系の特性を改善し、新しい系を設計する上に重要である。本論文は人間—機械系の動特性を制御工学の立場から系統的に論じ、得られた人間の制御動作に関する基礎的事実、および人間と機械との情報交換の手段と系の総合的特性の関係を緒論、結論を含む9つの章にまとめたものである。

第1章では人間—機械系に関する研究の沿革と現状について概説し、従来断片的にしか取り扱われていなかった人間—機械系を著者独自の方法で分類することにより全体を体系化し、用語の統一を行なった。また人間による制御動作の内容と制御工学の研究の分野を対比させることにより、人間—機械系の研究に制御工学の手法が有効なことを示し、本研究の目的と意義を明らかにした。さらに個人差の強い人間による制御動作を客観的に評価する方法および実験装置の概要などに関しても言及している。

第2章では制御者の最も特徴的な特性であるむだ時間についての考察を行ない、従来研究者によって与えられているむだ時間に多少のばらつきが見られるのは主として、むだ時間が制御者に与えられる入力特性に依存することに起因し、入力の刺激の大きさとむだ時間との間には対数関係のあることを実証した。

第3章では制御者の個人差による影響を反復による動作の固定に注目することによって除去し、制御動作を定量的に記述することの妥当性を実験的に検討した。またステップ入力に対する制御者の伝達特性を推定することにより従来求められている伝達関数モデルの拡張を行なった。さらに伝達関数と制御者の適応性との関連についても考察した。

第4章では制御者に応答基準を与えれば、制御者の応答は理論的に求めた最適制御器に近い挙動を示すことを明らかにし、制御者の適応性と最適性の関係を説明する伝達関数モデルを提案した。

第5章では制御成績の試行回数による変化が対数関数で近似できることを示し、対数関数の係数により

制御者の学習の速さ、学習による制御の改善率および制御の難しさなどが定量的に記述できることを明らかにした。

第6章では閉ループ系としての人間—機械系の挙動に重点をおき、むだ時間を含む系、不安定系、間歇入力を持つ系、予告情報のある系、および制御対象の特性が変化する系に対する制御者の制御能力を実験的に検討した。

第7章では人間と機械との間の情報交換の手段として重要な役割を果たす操作装置と指示装置の特性が制御成績に及ぼす影響を明らかにし、操作装置と指示装置設計の指針を与えた。すなわち定値制御系においてはリレー式操作端が、追値制御系においては比例操作端が適していること、また指示装置に関しては比例制御系では情報の指示方法に、リレー制御系では位相面表示点の運動速度に留意すべきであるなどが明らかになった。

第8章では第2章から第7章まで明らかになった内容と手法を実際の運転者—自動車系に応用し、その操縦性の解析を行なった。

第9章では全章を通じて得られた結果を要約し、今後の研究すべき問題点を論じている。

論文審査の結果の要旨

人間—機械系の複雑化、大型化に伴いこれらを制御する人間の負担が大幅に増大しつつある。ここに人間の制御能力と機械の特性を知ると同時に人間と機械が結合した系を総合的に研究して、制御者である人間に負担の少ない人間—機械系を設計する必要がある。本論文は人間—機械系の設計規範を得ることを目的として制御者の制御動作の動的諸問題を系統的に検討したものであって、得られた主な成果は次の通りである。

まず人間のもつむだ時間が研究者によって多少異なるのは、むだ時間が入力信号に依存し、入力振幅の対数関数として表わされるからであることを明らかにした。またむだ時間を入力変化の認識、判断および伝送に要する時間の三成分に分解し、ばらつきは判断時間の大小に依存するとの結論を得ている。これらの結果は人間のむだ時間の取扱いに関して有力な資料を与えるものである。

次に過渡応答に注目した人間の伝達特性を求めているが、これは従来の伝達関数モデルを大幅に拡張した意義ある結果である。

また操作量と誤差の二次形式を評価関数として、積分特性とむだ時間からなる系の最適制御方策を求め、それが制御者の制御方策と一致することを実験的に確かめているが、この考え方は人間—機械系の新しい見方を示したものととして有意義である。

次に適当な評価関数を用いて制御動作の学習曲線を求め、これを対数関数で近似しその係数から学習の速さ、学習による制御の改善率、制御の難しさなど学習過程を定量的に評価する方法を提案し、適用例を示している。また学習期間の短縮法として提唱している試行結果のフィードバックおよび予告情報を与える方法は実際面への有効利用が期待される。

人間—機械系が安全に動作するためには人間と機械が結合した状態での制御者の制御能力が十分でなければならない。この点について多くの実験事実から詳細に検討し、人間と機械の間の情報交換の手段とし

ての操作装置，指示装置の特性が制御成績に及ぼす影響を調べている。これらの結果は実在の系の設計，解析に実用的手段を提供するものである。

最後に以上の結果を人間—機械系の具体例である自動車運転に応用し，運転時における制御者の伝達関数を求め，これを計算機回路で模擬し運転時の状況を推定できることを示しているが，これは人間—機械系の設計に有力な手段を提供するものである。

要するに本研究は制御者の制御動作の解析からその諸特性を体系的，定量的に求めたものであり，ここで得た結果はこの分野の従来の研究に多くの知見を加え，人間—機械系の設計，解析に重要な資料を提供し，学術上，實際上貢献するところが少なくない。

よって，本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。