



Title	モデル法による動特性測定装置と2時間領域適応制御に関する研究
Author(s)	前田, 利昭
Citation	大阪大学, 1965, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/28957">https://hdl.handle.net/11094/28957</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【 4 】

氏 名・(本籍)	前 田 利 昭 <small>まえ だ とし あき</small>
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	第 8 0 7 号
学位授与の日付	昭 和 40 年 12 月 1 日
学位授与の要件	工学研究科電気工学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	モデル法による動特性測定装置と 2 時間領域適応制御に関する研究 (主査)
論文審査委員	教 授 西村正太郎 (副査) 教 授 山村 豊 教 授 犬石 嘉雄 教 授 山中千代衛 教 授 藤井 克彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、筆者が大阪大学大学院工学研究科博士課程（電気工学専攻）在学中に行なったモデル法による動特性測定装置と、本装置を用いて構成した 2 時間領域適応制御系に関する研究をまとめたものである。

研究の対象となった適応制御系は、周囲環境の変化に応じて制御装置のパラメータを調整し、制御系を常に理想状態に保持する制御系である。従って適応制御系は

- (1) 動特性測定要素
- (2) 評価関数計算要素
- (3) パラメータ調整要素

の 3 主要要素を必要とする。

本研究の目的は

- (1) 装置の簡単なアナログ要素を主用し、操業中の制御系の特性変動を正確に、しかも短時間で連続自動測定し得る動特性測定方法を見出し、装置を構成すること、
- (2) 上記の動特性測定装置の測定結果を有効に活用し、制御装置のパラメータの最適値算定の操作を短時間で完了する方法を見出すこと、
- (3) これらの方法に基づいて装置を構成し、動特性検知および適応速度が速く、しかも効果的な補償結果の得られる適応制御系の具体例を試作することにある。

適応制御系は特性の時間的変動を考慮に入れた制御系であるから、3 要素のうち特に動特性測定の方法がもっとも重要な鍵となり、この手法如何が適応制御系の構成全般にわたって大きな影響をも

つ。本研究もまず動特性測定方法および装置について重点的に研究し、ついで構成した装置を用いて試作した2時間領域適応制御系について検討したものである。

第1章では本論文の概論として、自動制御工学の分野に適応制御系が出現した歴史的背景および適応制御系の意義を述べ、従来提案されている適応制御系を例にして、適応制御系の問題点を探り、本研究の目的を明らかにしている。

第2章では探索信号の直接性と、モデル法の簡便さに着目し、両方法の併用による動特性測定の方法を提案している。

探索信号法では、従来、探索信号に対する制御系の出力と伝達関数とを結びつける方法と、出力への擾乱を減少せしめる方法とが問題となっていた。またモデル法では、モデルのパラメータの調整法を規制する評価関数にISE法を用いていたため、パラメータ間に独立性が存在しない場合には複雑な試行法によらなければならず調整に長時間を要していた。

これらの問題点を解決するために、筆者はまずモデルのパラメータと各種評価関数値との関係をアナログ計算機を用いて計算し、その結果を検討して、評価関数として時間荷重積分関数と多重積分関数とが適していることを明らかにした。ついで時間荷重積分法に基づいて動特性測定装置を構成し、本装置では制御系の利得と時定数を各々独立に測定し得ることを明らかにしている。

第3章では評価関数に多重積分関数を採用すると、高次制御系の場合でも、また伝達関数形が異なっている場合でも、探索信号（方形波）、1つのモデル、1種類の評価関数で動特性が測定できることを述べている。この方法によれば、動特性測定時間は、制御系の整定時間に測定すべきパラメータの数を乗じた時間となる。

また、この多重積分法に論理回路を付設することによって、1回の探索信号（ステップ関数）の投入で（すなわち制御系の整定時間で）全パラメータを測定することができた。

第2章、第3章では動特性測定装置について述べたが、いずれも理論的な解析結果と、試作した装置の実験値との良好な一致を得た。

なおここに提案する測定法は、上記の他に

- (1) 制御系の動特性を伝達関数の形で連続的に自動測定できること。
  - (2) 制御系の伝達関数をモデルで表現すること。
  - (3) 探索信号に方形波を用い、しかも原理的に振巾は入力信号のレベルに比し小でよく、出力に生ずる擾乱が小さいこと、
  - (4) 外乱に強いこと
  - (5) 追値制御系にも応用できるが特に定値制御系の場合に有効であること、
  - (6) アナログ方式であるから、大規模なデジタル計算機を必要としないこと、
- 等の特長を有し、動特性測定法としても有力な方法であると共に、この方法に基づいて構成した装置は適応制御系に適當であることが予想される。

第4章では上記の動特性測定装置と高速自動最値算定装置等を用いて構成した適応制御系の構成法および研究室で試作した装置を用いて実験した結果および適応制御系の特性について記述したものである。

評価関数要素として、モデル法による動特性測定装置の測定結果を有効に活用し、繰り返し計算で制御装置のパラメータの最適値を決定しなければならない場合でも、極めて短時間で操作を終了する高速自動最適値算定装置を試作し、最適調整条件に Nims の条件を用いた場合について、適応機能適応効果、適応速度、収斂性等について検討し、本適応制御系の特性を明らかにしている。

第5章は本論文の総括である。

## 論文の審査結果の要旨

本論文は、「モデル法による動特性測定装置と2時間領域適応制御系に関する研究」と題し、パラメータの変動する制御系の動特性測定装置と、この測定装置を用いた2時間領域適応制御系に関する研究をまとめたもので、5章からなっている。

第1章は緒論で、適応制御系の意義、問題点を検討し、本研究の目的と立場を述べている。

第2章は、著者の開発した動特性測定装置の1つについて述べたものである。まず、従来の動特性測定法、測定結果の評価法を比較検討し、探索信号法の直接性と、モデル法の簡明さとを併用して、測定対象の各パラメータの値を独立に決定する方法を提案している。この方法は、測定対象の動特性が、簡単な伝達関数で表わされることが予想される場合に有効で、2次ないし3次の伝達関数をもつモデルを用意し、測定対象とこのモデルに同一の探索信号をくりかえし加え、両者の出力の差に着目して、モデルのパラメータの値を、測定対象の該当するパラメータの値に一致するように、自動調整するものである。測定結果の評価には、測定対象の出力とモデルの出力の差の時間荷重積分が零になるようにすると、測定精度もよく、探索信号入力の1回ごとにパラメータの値が1つずつ決定され、簡単な測定対象に対しては、測定時間は実用上極めて短かくて済む。この測定装置は、アナログ計算機の要素を用いて簡単に構成されるが、探索信号の波形、モデルの伝達関数の形などと測定誤差、測定時間との関係を理論的、実験的に検討している。

第3章は、同じく著者の開発したもう1つの動特性測定装置について述べたものである。この装置によれば、測定対象が高次の制御系でも、一種類のモデルで、精度よく、しかもステップ状の探索信号を一度加えるだけで、対象のパラメータの値を全部測定することができる。これは、測定対象の出力とモデルの出力との差の多重積分を零にする評価法によるもので、この測定装置もアナログ計算機の要素を主体として構成される。この装置についても、測定誤差、測定時間などを理論的、実験的に検討し、これを適応制御系に応用することの妥当性を確かめている。

第4章は、著者の提案する2時間領域適応制御系について述べたものである。これは、実時間で運転しているプラントの動特性を、第3章の装置で連続的に測定して、プラントの変動するパラメータの値を把握し、一方、実時間の1/1000に短縮した高速モデルで構成したモデル系によって、制御装置の最適調整値を自動的に高速度で算定し、プラントのパラメータの変動を迅速に補償する方式である。この適応制御系に関して、修正のための最適値の評価法、適応動作の収れん性、適応速度等に関して、理論的、実験的に検討し、この方式が実用上多くの利点をもつことを明らかにしている。

第5章は結論で、以上の研究成果をまとめたものである。

自動制御系のパラメータの値を知ることは、制御系の動特性を把握するために必要で、現在の制御工学の課題の1つである。すでにいくつかの動特性測定の手法が提案されているが、測定精度、測定に要する時間などに一長一短がある。特にオンラインで測定して、制御系に適応動作の機能をもたせることのできる測定装置の開発が望まれている。

著者は、まずアナログ計算機の要素を主体として、探索信号とモデルを用いる動特性測定装置を提案した。この方式は、探索信号法とモデル法との特長を巧みに活用したもので、装置の安定性、測定精度、測定時間などにおいてすぐれ、特に、適応制御系に応用しうることがこの測定装置の長所である。

ついで、著者はこの測定装置を応用した適応御制系を提案している。この方式は、パラメータ変動に適応するに際して、実時間の  $1/1000$  の高速モデル系で補償量の計算を行ない、これを常時くりかえしているので、事実上連続的に適応動作ができ、制御性能が一段と向上する。

著者の研究は、動特性測定、適応制御など、制御工学における最近の課題に対して、理論的に貴重な知見を加えたもので、しかも、著者の開発した装置ならびに方式が、実用上の要求をほぼ満たすものであることは、この研究の重要な成果である。

以上のように、本論文は制御工学ならびに工業上貢献するところ大で、博士論文として十分価値あるものと認める。