



2次元状態空間モデルの実現とその特性改善に関する研究

下西, 二郎

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1989-09-22

(Date of Publication)

2009-03-17

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙1333

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2001333>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	しもにしじろう (岡山県)
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博ろ第38号
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位授与の日付	平成元年9月22日
学位論文題目	2次元状態空間モデルの実現とその特性改善に関する研究
審査委員	主査 教授 前川 禎 男 教授 高 森 年 教授 平 井 一 正 教授 小 川 枝 郎

論 文 内 容 の 要 旨

2次元状態空間モデルの出現は2次元デジタルフィルタの2次元離散空間システムとしての扱いを可能にし、伝達関数法では困難であった、フィルタの係数感度や丸め誤差、あるいはリミットサイクルなどフィルタの内部構造に関する問題の系統的な扱いを可能にした。一方、2次元離散空間システムに対するモデルの低次元化、感度解析あるいはシステムの安定化などの特性改善に関する問題は、2次元システム理論ともいうべき分野であり、2次元平面に広がる分布定数系や時間遅れ系などの実在系を2次元システムで近似する研究と共に、発展が期待される新しい分野といえる。

本研究は2次元システム理論の一分野を扱ったもので、2次元システムを状態空間モデルで実現する問題と、これら状態空間モデルで実現された2次元システムの安定化や極指定あるいはモデル適合問題など、システムの特性改善に関する問題を考察した。

第1章は緒論で、本論文で取り上げる2次元システムの状態空間モデル生誕の歴史を概説し、本研究の位置づけと意義について述べた。

第2章では、2変数の有理関数で記述される2次元システムをRoesserの状態空間モデルで最小実現するための二つのアルゴリズムが提案された。提案されたアルゴリズムからはRoesserモデルが正準形または平衡形で実現できる。正準形実現のためのアルゴリズムは非常に簡単で、この正準形が平衡形実現のためのアルゴリズムに使われた。平衡実現からは低次元システムや量子化誤差最小構造のモデル構造が容易に得られる。

第3章と第4章では、2次元システムの特性改善に関する問題を極配置問題の観点から考察した。すなわち、これらは状態のフィードバックによって得られる閉ループシステムが所望の特性を持つよ

うにフィードバック則を設計する問題であり、ここでは、問題を2次元状態空間モデルの立場から考察した。さらに、本研究では、分母分離形 Roesser モデルを持つ利点、すなわち、1次元システムにおける理論を利用するために、フィードバック則は閉ループシステムが分母分離形 Roesser モデルとなるように設計された。これにより、2次元システムに対する極あるいは特性多項式の指定問題は完全に2つの1次元動的システムに対する問題に分割される。

まず、第3章では、状態フィードバックによる2次元極配置を取り上げた。状態フィードバックは状態観測器を閉ループに組み込むことによって達成されるが、この場合、観測器としては状態そのものを推定する状態観測器である必要はなく、その線形関数値が推定できる関数観測器が得られれば十分である。ここでは、線形関数観測器の設計法を与えると共に、これを組み込んだ状態フィードバックによって2次元閉ループシステムの極が任意に配置できるための条件を導いた。この方法による極配置法は、組み込まれる観測器の極が閉ループシステムの入出力特性に関係しない、という特長をもっている。

続いて、第4章では極配置問題を動的補償器の設計問題として扱った。すなわち、任意に指定された複素数対を配置するような動的補償器が存在するための十分条件が示され、その設計アルゴリズムが与えられた。第3章での線形関数観測器は、ここで取り扱った動的補償器の一種とみなされ、両者の関係についても触れた。

第5章で取り上げたモデル適合問題は与えられたシステムに対して、その閉ループシステムを理想のモデルに一致させるようなフィードバック則を設計する問題である。本研究では、この問題を解くために1次元動的補償器が導入され、フィードバック則の設計問題が1変数の有理関数を係数とするような連立方程式におけるプロパーな有理関数解を求める問題に置き換えられた。ここでの1次元動的補償器は2種類の遅れ素子を有する、従来の動的補償器に比べて構造は簡単であり、設計は平易である。また、必要な遅れ素子は1種類のみであり、経済的でもある。なお、静的出力フィードバックによるモデル適合問題はここでの特別の場合であり、これは従来の方法に比べて簡単である。

第6章では、2次元システムに対する固有遅れ逆システムについて考察した。すなわち、弱因果的2次元システムを係数行列の要素が1変数の有理関数である1次元動的システムとして取り扱う方法を述べた。そして、Eising が2次元伝達関数の立場で取り扱った因果的2次元システムに対する固有遅れ弱因果的逆システムは、1次元動的システムの立場で一般的に議論できることを述べた。この章における逆システムの構成法の特長は、(i) 2次元逆システムの構成に1次元システムにおける理論が利用できる。(ii) 弱因果的逆システムが局所状態空間モデルの立場で比較的容易に得られる、などである。また、Raina によるP.I.D上の1次元動的システムに対する固有遅れ逆システムの存在条件は、この章の特別な場合であるM遅れ因果逆システムの存在条件に相当している。

第7章では、本研究で得られた知見と意義について要約した。さらに今後に残された説明すべき問題点および予想される発展方向など著者の見解を二、三述べた。

論文審査の結果の要旨

2次元状態空間モデルの出現は、2次元デジタルフィルタの2次元離散空間システムとしての扱いを可能とし、伝達関数法では困難であったフィルタの係数感度や丸め誤差、あるいはリミットサイクルなどフィルタの内部構造に関する問題の系統的な扱いを可能にした。一方、2次元離散空間システムに対するモデルの低次元化、感度解析あるいはシステムの安定化などの特性改善に関する問題は2次元システム理論と考えることができる。

本論文は2次元システム理論のひとつの分野を扱ったもので、2次元システムを状態空間モデルで実現する問題と、これら状態空間モデルで実現された2次元システムの、安定化や極指定あるいはモデル適合問題など、システムの特性改善に関する問題を考察している。

第1章は緒論で、本論文のテーマの歴史と本研究の位置づけと意義について述べている。

第2章では2変数の有理関数で記述される2次元システムを、Roesserの状態空間モデルで最小実現するための2つのアルゴリズムを提案している。提案しているアルゴリズムからRoesserの状態空間モデルが正準形または平衡形で実現できる。平衡実現からは低次元システムや量子化誤差最小構造のモデル構造が得られる。

第3章と第4章では2次元システムの特性改善に関する問題を極配置問題の観点から考察している。すなわち、これらは状態フィードバックによって得られる閉ループシステムが所望の特性を持つようにフィードバック則を設計する問題であり、ここでは、問題を2次元状態空間モデルの立場から考察している。

まず第3章では状態フィードバックによる2次元極配置を取り上げている。状態フィードバックは状態観測器を閉ループに組み込むことによって達成されるが、この場合、観測器としては、状態そのものを推定する状態観測器である必要はなく、その線形関数値が推定できる関数観測器が得られれば十分である。ここでは線形関数観測器の設計法を与えると共に、これを組み込んだ状態フィードバックによって、2次元閉ループシステムの極が任意に配置できるための条件を導いている。

第4章では極配置問題を動的補償器の設計問題として扱っている。すなわち、任意に指定された複素数対を配置するような動的補償器が存在するための十分条件が示され、その設計アルゴリズムが与えられている。

第5章で取り上げたモデル適合問題は与えられたシステムに対して、その閉ループシステムを理想のモデルに一致させるようなフィードバック則を設計する問題である。本論文ではこのために1次元動的補償器が導入され、フィードバック則の設計問題が1変数の有理関数を係数とするような連立方程式におけるプロパーな有理関数解を求める問題に置き換えられている。ここでの1次元動的補償器は、2種類の遅れ素子を有する従来のこの種の動的補償器に比べて構造が簡単であり、設計は容易である。また、必要な遅れ素子は一種類のみであり、経済的でもある。

第6章は2次元システムに対する固有遅れ逆システムの構成法が論じられている。すなわち、弱因果的2次元システムを係数行列の要素が1変数の有理関数で与えられる1次元動的システムと見なし

て、因果的2次元システムに対する固有遅れ逆システムが1次元動的システムの立場で一般的に構成されている。

第7章は結論である。

以上、本論文は、2次元システムを状態空間モデルで実現する問題と、その安定化や極配置あるいはモデル適合問題等システムの特性改善に関する研究をまとめたもので、この分野に関して多くの重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者 下西二郎 は工学博士の学位を得る資格があると認める。