

# 学 位 論 文 の 要 旨

## Study on semistrongly stabilizing controllers

(半強安定化補償器に関する研究)

氏 名 干川 達也 印

One of the important things in control is the controller design. Main roles of controllers are to stabilize control system and to make control characteristics except for control system stability close to the ideal one. One way to design controller with those roles is use the parameterization, which is proposed by Youla et al. and is the necessary and sufficient condition that controllers stabilize plants. Using this parameterization, the designed controller guarantees to stabilize control system. Therefore, we only have to consider control characteristics except for control system stability. From this advantage, many researches examine design methods for stabilizing controllers based on the parameterization.

However, in practical control, there are cases when the control system needs to be stabilized by stable controllers. The control system stabilization by stable controllers is called strong stabilization. The importance of strong stabilization is shown by Shaw. His research points out that the control system stabilized by unstable controller is high sensitive for variations in plant parameters. This causes the unstabilization and poor performance of control system. Therefore, the strong stabilization is important to prevent the high sensitiveness of control system. Because the existence of stabilizable plants by only unstable controllers is also shown by Shaw, it is necessary to clarify the way whether the plant is strongly stabilizable or not. For this reason, Youla et al. clarify the necessary and sufficient condition that the plant is strongly stabilizable, called p.i.p. (parity interlacing property). In addition, some design methods for strongly stabilizing controllers using Nevanlinna-Pick interpolation. Recently, the strong stabilization is examined to realize low sensitive for fuzzy control, time-delay system and infinite dimensional system.

However, strongly stabilizing controllers cannot have the integrator, because the integrator has a pole at the origin, that is, have unstable pole. With strongly stabilizing controllers, when

there is an uncertainty in the plant or a step disturbance, the output of the control system cannot follow the step reference input without steady state error. Therefore, it is necessary to examine controller designs that have an origin pole and other poles in the open left-half plane. Such controllers are called semistrongly stabilizing controllers. For this control, we first need to clarify the set of semistrongly stabilizable plants.

From this background, this thesis is organized as follows:

In Chapter 1, we introduce the research trend and purpose of this thesis.

In Chapter 2, we define semistrongly stabilizable plants and semistrongly stabilizing controllers and propose the parameterization of all semistrongly stabilizable plants.

In Chapter 3, we propose the parameterization of all semistrongly stabilizing controllers for semistrongly stabilizable plants in Chapter 2. A design method for semistrongly stabilizing controllers is also presented.

In Chapter 4, we propose the parameterization of all two-degrees-of-freedom semistrongly stabilizing controllers for semistrongly stabilizable plants in Chapter 2. With the parameterization in Chapter 3, we cannot specify the input-output characteristic and the feedback characteristic, that is, a disturbance attenuation characteristic and robust stability, separately. One way to specify those characteristics separately is to use a two-degrees-of-freedom control system. Therefore, the purpose of this chapter is to propose the parameterization of all two-degrees-of-freedom semistrongly stabilizing controllers. Control characteristics and a design method of the two-degrees-of-freedom semistrongly stabilizing controller are also presented. A numerical example is illustrated to show the effectiveness of the proposed parameterization in Chapter 4 by comparison for responses of the numerical example in Chapter 3.

Chapter 5 summarizes the result of the present study by the conclusion.

In this way, parameterizations of all semistrongly stabilizable plants and of all semistrongly stabilizing controllers are examined in this thesis. From this, the decision whether the plant is semistrongly stabilizable or not, and the design of semistrongly stabilizing controller are easily. Therefore, it is expected to apply practical controls.

(和訳)

制御系設計において補償器の設計は不可欠である。補償器の役割は2つに大別され、1つは制御系を安定化すること、もう1つは安定性以外の制御特性を指定することである。これらの役割をもつ補償器を設計する方法の1つとして、補償器が制御対象を安定化するための必要十分条件、安定化補償器のパラメトリゼーションが Youla らによって提案されている。このパラメトリゼーションを用いると、補償器の1つ目の役割である制御系の安定化が保証されているため、要求された設計仕様に基づいて2つ目の役割のみを考えるだけで補償器設計が完了する。このような利点から、数多くの論文がパラメトリゼーションを用いた補償器設計法を検討している。

しかしながら、実システムの制御では、安定な補償器による制御系の安定化が要求される場合がある。安定な補償器で制御系を安定化する問題は、強安定化問題と呼ばれている。制御系を強安定化する理由は、不安定な補償器を用いて制御した場合、制御系が高感度になってしまうことが Shaw によって明らかにされているためである。制御系の高感度化は、制御対象のパラメータの変化という実システムにおいて十分に起こり得る問題に対し、制御系の応答の悪化や制御系の不安定化につながりやすくなる。したがって、システムの高感度化を避けるためには強安定化することが重要となる。この強安定化について、不安定な補償器でなければ安定化できない制御対象の存在が Shaw によって明らかにされているため、制御対象が強安定化可能かどうかを判別する方法を明らかにする必要がある。そこで Youla らは、制御対象が強安定化可能であるための必要十分条件、いわゆる **p.i.p. (parity interlacing property)** を明らかにしている。さらに、Nevanlinna-Pick の補間定理を利用して強安定化補償器を設計する方法が複数提案されている。また、近年では低感度制御を目的として、ファジー制御やむだ時間系、無限次元系の制御において強安定化が検討されている。

しかしながら、強安定化制御では補償器に積分器をもたせることができない。これは、積分器が原点極、すなわち不安定極であることに起因する。補償器が原点極をもたない場合、制御系にステップ外乱や不確かさが存在するとき、ステップ目標入力と出力との間に定常偏差が残る。そこで、原点極を1つもち、それ以外には不安定極をもたない補償器、すなわち半強安定化補償器について検討する。この半強安定化問題に対し、まずはどのような制御対象が半強安定化補償器で安定化できるのかを明らかにしなければならない。

このような背景から、本学位論文は以下のように構成されている。

第1章は緒論で、これまでの研究動向と、本学位論文の目的を述べている。

第2章では、半強安定化可能な制御対象と半強安定化補償器の定義をそれぞれ与え、半強安定化可能な制御対象のパラメトリゼーションを明らかにしている。

第3章では、第2章で明らかにした半強安定化可能な制御対象に対する半強安定化補償器のパラメトリゼーションを明らかにしている。また、半強安定化補償器の一設計法を提案している。

第4章では、2自由度半強安定化補償器について検討している。第3章で提案したパラメトリゼーションでは、1つの補償器を用いて制御しているため、例えば制御系の入出力特性を指定した場合、外乱抑制特性やロバスト安定性などの、フィードバック特性も自ずと決まってしまう。入出力特性とフィードバック特性を独立に指定できる制御系の1つに、2自由度制御系がある。したがっ

て、第4章での目的は、入出力特性とフィードバック特性を独立に指定できる、2自由度半強安定化補償器のパラメトリゼーションを明らかにすることである。また、2自由度半強安定化補償器を用いたときの制御特性と一設計法を示している。さらに、第4章で提案したパラメトリゼーションの有用性を示すため、第3章の数値例での応答との比較を行っている。

第5章は結論で、本学位論文の成果についてまとめている。

このように本学位論文では、制御対象と補償器のパラメトリゼーションを検討している。これにより、制御対象が半強安定化可能かどうかの判定や半強安定化補償器の設計が容易となり、実システムへの適用が期待できる。