

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	森田 亮介
論文題目	Studies on Quantized Input Control Systems (量子化入力制御システムに関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、入力信号の量子化を含む制御システムを対象として、設計・解析の新たな手法を提案し、その有効性を検証したもので全5章から構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、制御入力や出力の観測値がオンオフ信号や低ビット信号などの離散値に制約されるシステムの制御の必要性について明らかにした後、そのような連続値と離散値の信号を同時に含む制御系の従来研究について概観している。特に、連続値信号を離散値信号に変換する量子化に着目し、過去の信号履歴を活用する動的量子化器の有効性について述べ、現在の到達点と問題点を明らかにするとともに、本論文の目的を示している。</p> <p>第2章では、動的量子化器の設計ソフトウェアの開発について述べている。動的量子化器はその有効性にも拘わらず、制御の非専門家である一般の技術者にはその内容の理解が困難であり利用しにくいものであった。この問題点を解消することを目的として、制御理論の深い知識を必要とせず動的量子化器の設計・解析が行えるソフトウェアツールを開発した。そこでは、適用範囲の広い数値最適化に基づく動的量子化器設計の枠組みに基づき、フィードバック系に適用しやすい形式に拡張した上でシステムを構築している。幅広いユーザーに使い易いグラフィカルインターフェースで実現している点が大きな特長の一つである。さらに、その有効性を数値例およびメカトロニクス系を用いた実機実験により検証している。</p> <p>第3章では、マルチレート系を対象とした動的量子化器の設計手法について述べている。一つの制御システムの中に複数のサンプリングレートが存在するものはマルチレート系と呼ばれ、実用上のシステムにおいてしばしば見られる。入力のサンプリングレートが速いものと、出力のサンプリングレートが速いものの双方について考察している。動的量子化器をこれらのマルチレート系に適用できる形に拡張し、性能限界を明らかにしている。そして、最適動的量子化器においては予測機能を有する必要性があることなどを示している。また、その有効性を数値例および実験により検証している。</p> <p>第4章では、ランダムディザを利用する量子化について考察している。これは、元の信号に確率的な信号を付加したのちに離散値に変換する方法である。極めてシンプルな構造でその効果が期待できる手法ではあるが、フィードバック制御への応用例は少なく、その有効性に対する理論的な解析は見当たらなかった。そこで、フィードバック制御系に対しランダムディザ量子化器を適用した際の制御性能の解析を行い、</p>			

量子化による制御性能劣化の上界を与えた。この制御系の有効性については数値例および実験により検証している。さらに、連続時間系をデジタル実装する際のサンプリング周期が短くなるほど、性能劣化が零に近づくことを明確にし、この点を数値例でも検証している。

第5章では、結論として本論文で得られた成果を要約し、今後の課題について述べている。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

従来のシステム制御論においては、対象システムの入出力が連続値信号であることを前提としている。しかし、現実にはコスト低減や通信容量制約等のため、オンオフ型のアクチュエータを用いたシステムやデジタル通信路を介した制御系などに見られるように、その入出力を連続値信号から離散値信号に変換せざるを得ない場合がある。これは信号の量子化と呼ばれる。本研究はそのような量子化が存在する線形動的システムの制御法について考察したものであり、下記の成果を得ている。

(1) 信号を量子化する際に、動的量子化器を用いれば量子化に起因する制御性能の劣化を大幅に抑制できることが知られている。制御を専門としない一般の技術者が利用できることを目的として、この動的量子化器の設計・解析を支援するシステムを開発した。ここでは、適用範囲の広い数値最適化に基づく動的量子化器設計手法を採用し、幅広いユーザーに使い易いインターフェースで実現している点が特長となっている。さらに、その有効性を数値例およびメカトロニクス系を用いた実験により検証している。

(2) 一つの制御システムの中に複数のサンプリングレートが存在するものはマルチレート系と呼ばれ、実用上のシステムにおいてしばしば見られる。そこで動的量子化器をこのようなマルチレート系に適用できる形に拡張し、性能限界を明らかにしている。そして、最適動的量子化器においては予測機能を有する必要性があることなどを示している。また、その有効性を数値例および実験により検証している。

(3) また、ランダムディザを利用する量子化に着目した。これは、元の信号に確率的な信号を付加したのちに離散値に変換する方法であり、信号処理の分野では以前から用いられている手法である。フィードバック制御系に対しランダムディザ量子化器を適用した際の制御性能の解析を行い、量子化による制御性能劣化の上界を評価した。さらに、連続時間系をデジタル実装する際のサンプリング周期が短くなるほど、性能劣化が零に近づくことを明確にした。

以上要するに、本論文は量子化を含む制御系の設計に関して有用な結果を得たものであり、その成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成25年2月8日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。