

(論文内容の要旨)

本論文は，入力や出力などの信号が離散値に制約されたシステムの制御に対して，新たな手法を提案しその有効性を検証したものであり，全6章から構成されている．

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，これらを系統的に扱える有効な手法として，過去から現在までのデータに基づいて連続値信号を離散値信号に変換する動的量子化器の重要性を述べている．これに関する従来研究を概観し，現在の到達点と問題点を明らかにしたうえで，本論文の目的を示している．

第2章では，動的量子化器の最適設計問題について定式化している．まず，動機を与える数値例を示した後，通常のフィードフォワード制御とフィードバック制御をその特殊な場合として含む一般的な線形制御系を対象として，離散値信号を含まない理想的な制御系の入出力特性を近似する動的量子化器の最適設計問題を与えている．3章以降で扱う問題の位置づけを明確にしたうえで，この定式化により，出力信号の離散値化，参照信号の離散値化，フィードフォワードおよびフィードバック制御入力の離散値化などの種々の問題が扱えることを示している．

第3章では，次章以降の基礎を与える集中型の動的最適量子化器について考察している．まず，問題設定を詳細に述べた後，動的量子化器によって達成される性能をシステムパラメータを用いた評価式により表現した．これに基づいて，性能指標を最適化する動的量子化器を解析的に導き，

この手法の有効性を種々の数値例により確認している．さらに，クレーンシステムを用いて実機実験をおこない，その有効性を検証している．

第4章では，上記の結果を分散型の動的量子化器の場合に拡張している．アクチュエータおよびセンサのそれぞれの信号を離散化する必要がある場合などには，量子化器の構造を分散型にすることが不可欠となる．このため量子化器が分散構造を有するという制約下で，性能評価式を求めた上で，最適動的量子化器を解析的に導出した．さらに，シーソーシステムを用いた実験によりその有効性を検証している．

第5章では，多次元システムの場合に動的量子化器を拡張している．通常のほとんどの制御系では各信号が時間の関数であるが，分布定数系や画像処理のシステムにおいては，各信号が多次元独立変数の関数となる多次元システムとして表現される．最適動的量子化器をあるクラスの多次元システムに拡張し，その解析的な表現を与えた．さらに，これをハーフトーン画像処理に応用し，その有効性を検証している．

第6章では，結論として以上の各章の内容を要約し，今後の課題について述べている．

(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、ほとんどの場合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、現実にはオンオフ型のアクチュエータに見られるように入出力が離散的な値に制約されている場合も少なくない。本研究では、そのような連続値信号と離散値信号が混在する線形動的システムの制御法について考察し、連続値信号を離散値信号に変換する量子化器の最適設計に着目し、下記の成果を得ている。

1. フィードバック系を含む一般的な形式で表現された線形制御対象と量子化器から構成されるシステムを考察対象とし、動的な量子化器を用いることにより、連続値信号が常に利用できる場合の理想的なシステムの入出力特性に最適近似することを試みている。システムパラメータを用いて性能評価式を導出し、これに基づき、最適動的量子化器を解析的に求めた。さらに、その有効性を数値例およびクレーンシステムを用いた実機実験により検証している。
2. アクチュエータおよびセンサのそれぞれの信号を離散化する必要がある場合などには、量子化器の構造を分散型にすることが不可欠となる。このため上記の結果に基づいて、量子化器を分散構造の場合に拡張し、分散型の動的最適量子化器を解析的に導出した。さらに、その有効性をシーソーシステムを用いて実験検証している。
3. 上記二つの結果は共にスカラー値である時間を変数とする信号を扱う1次元システムに関するものであった。これに対して、分布定数系や画像処理などのシステムにおいては、各信号が多次元独立変数の関数となる多次元システムとして表現される。最適動的量子化器の結果をあるクラスの多次元システムに拡張し、その解析的な表現を与えた。さらに、これをハーフトーン画像処理に応用し、その有効性を検証した。

以上要するに、本論文は連続値信号と離散値信号が混在するシステムを対象とした制御手法につい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21年1月19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。