



Title	Supervisory Control of Discrete Event Systems for Linear Temporal Logic Specifications
Author(s)	榊原, 愛海
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/77631
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (榊 原 愛 海)	
論文題名	Supervisory Control of Discrete Event Systems for Linear Temporal Logic Specifications (線形時相論理仕様に対する離散事象システムのスーパーバイザ制御)
論文内容の要旨	
離散事象システムに対するスーパーバイザ制御においては、形式言語によって記述された制御仕様に対する設計を中心に研究が進められている。しかし、本来自然言語で記述されていた制御目的を形式言語に変換するのは難しく、応用を考える際の問題点の一つとなる。一方、線形時相論理はシステムの振る舞いを曖昧さなく記述できる論理体系であり、近年制御分野への応用が注目されている。本論文では、離散事象システムに対して線形時相論理で記述された制御仕様を制約に持つスーパーバイザ制御の諸問題を考え、計算機科学の知見を用いた設計手法を提案する。 まず、線形時相論理の部分クラスである scLTL 仕様に対するスーパーバイザ制御問題を考える。ここでは、システムの稼働中にスーパーバイザが動的に制御則を決定する、オンライン制御を適用する。特に、仕様の受理とスーパーバイザの許容性を特徴づける関数を導入することにより、両者の間のトレードオフを考慮したオンライン制御機構を提案する。 次に、複数のサブシステムが相互作用しながら動く、コンカレント離散事象システムを制御対象として考える。各サブシステムに対する局所仕様およびシステム全体の振る舞いに対する大域仕様を、それぞれ線形時相論理式で与える。これらの制御仕様を達成するために、ローカルスーパーバイザとコーディネータからなる階層的な制御機構を導入する。それぞれの階層において制御器と制御対象が対戦する Rabin ゲームの問題に帰着させることで、制御器を設計する。 最後に、定量的に拡張された線形時相論理の一つである $\text{LTL}[F]$ により制御仕様を記述したときのスーパーバイザ制御問題を考える。$\text{LTL}[F]$ を用いることで仕様に対する定量的な評価が可能になる。ここでは、制御されたシステムにおける $\text{LTL}[F]$ 仕様の評価値がある閾値以上となるような制御目的を考える。異なるクラスのスーパーバイザ制御問題を定式化し、それぞれに対してグラフ上のゲームを応用した設計手法を提案する。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (榊 原 愛 海)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授 潮 俊 光
	副 査	教 授 乾 口 雅 弘
	副 査	教 授 飯 國 洋 二

論文審査の結果の要旨

本論文では、離散事象システムに対して線形時相論理で記述された制御仕様を制約に持つスーパーバイザ制御の諸問題を考え、それらの解を求める設計アルゴリズムを提案している。線形時相論理を導入することで、スーパーバイザ制御理論における問題点の一つである、形式言語による仕様記述の難しさを解消する目的がある。1章の緒論と6章の結論を含め、以下の各章から構成されている。

第2章では、離散事象システムと線形時相論理に関する基本的な定義を述べ、設計アルゴリズムに必要な計算機科学の知見をまとめている。

第3章では、線形時相論理の部分クラスである scLTL で記述された制御仕様の下でのスーパーバイザ制御問題を考えている。ランキング関数と許容性関数によって仕様の受理とスーパーバイザの許容性を特徴づけることで、両者の間のトレードオフを考慮したオンライン制御機構を提案している。さらに、部分観測下のスーパーバイザ制御問題への拡張も考えている。

第4章では、複数のサブシステムで構成されるコンカレント離散事象システムを制御対象として、各サブシステムに対する局所仕様およびシステム全体に対する大域仕様がそれぞれ線形時相論理式で与えられたときの制御問題を考えている。局所仕様の達成を制御目的とするローカルスーパーバイザと、大域仕様の達成を制御目的とするコーディネータからなる階層的な制御機構を導入している。それぞれの階層において制御器と制御対象が対戦する Rabin ゲームの問題に帰着させた設計アルゴリズムを提案している。

第5章では、真偽値ではなく実数値で評価がされる $\text{LTL}[F]$ により制御仕様を記述した制御問題を扱っている。制御されたシステムにおける $\text{LTL}[F]$ 仕様の評価値がある閾値以上となるような制御目的を考え、2種類のクラスのスーパーバイザ制御問題を定式化している。それぞれの問題に対して Büchi ゲームおよび safety ゲームを応用した設計手法を提案している。

以上のように本論文は、離散事象システムのスーパーバイザ制御理論へ線形時相論理を応用し、各制御問題に対して計算機科学の知見を用いた制御アルゴリズムを提案し、離散事象システムの制御理論の発展に貢献した。よって、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。