



Title	人間-機械系におけるオートメーションサプライズに対する形式的手法に関する研究
Author(s)	足立, 正和
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46806">https://hdl.handle.net/11094/46806</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 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

氏名	あ だち まさ かず 足 立 正 和
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 20426 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科システム創成専攻
学位論文名	人間-機械系におけるオートメーションサプライズに対する形式的手法 に関する研究
論文審査委員	(主査) 教 授 潮 俊光  (副査) 教 授 藤井 隆雄 教 授 乾口 雅弘

#### 論 文 内 容 の 要 旨

高機能・大規模なシステムにおいて、操作の正確性や利便性を向上させるためには、人間の操作と自動化されたシステムが協調的に機能することが要求される。このような人間とシステムが相互作用する人間-機械系をユーザである人間が操作する際、一般的にはユーザインタフェースを介して情報を把握し、適切に命令を与える必要がある。さらに、ユーザインタフェースはシステムの全ての情報をユーザに示すのではなく、ユーザの操作性を考慮して、必要十分な情報のみを与えるように設計されることが要求される。

しかし、システムが複雑になるほどユーザインタフェースに表示される情報も複雑になるため、機械と人間の両者の振る舞いに不一致が生じやすくなり、様々な問題を引き起こす要因となっている。中でも、ユーザの意図したマシンの振る舞いと実際の振る舞いが異なる現象をオートメーションサプライズと呼ぶ。オートメーションサプライズはヒューマンエラーを引き起こす大きな要因の一つであり、特に、航空機や原子力プラントなどにおいては、オートメーションサプライズに起因するヒューマンエラーが惨事を招く恐れがある。そこで、オートメーションサプライズの発生を避けるために、マシン、ユーザ、ユーザインタフェース間の相互作用を統合的に扱う設計論が必要となっており、このような問題に対して認知科学の分野では既に多くの研究がなされている。

一方で、高信頼な人間-機械系の設計・解析を工学的な観点から行う研究が近年盛んになされており、特に形式的検証に基づく手法が注目されている。そこで本論文では、離散事象システム理論の観点から、マシン、ユーザ両者の振る舞いを状態遷移系としてモデル化し、マシンとユーザの並行的な動作を記述する合成モデルを構成することにより、オートメーションサプライズを検証する方法を提案する。さらに、模倣性および双模倣性の概念をマシンとユーザの振る舞いに導入することにより、オートメーションサプライズの非存在性と(双)模倣性との関係を明らかにする。そしてその関係を基にして、オートメーションサプライズが生じないような人間-機械系の形式的な設計法について議論する。そして、いくつかの例題を通して提案手法の有効性を示す。

多くの人間-機械系では、論理的な情報と時間情報の両方に基づいてシステムが駆動し、同時にユーザも時間的な情報を考慮に入れながら操作する場合がある。そのような時間情報を考慮した人間-機械系における相互作用を解析するため、システム、ユーザ両者の離散的・定性的な振る舞いのみではなく、時間情報を考慮に入れたモデルへと拡張する。本論文では、時間オートマトンによりマシンとユーザの振る舞いをモデル化することで、そのような人間-機械系

を解析する枠組みを与える。時間経過も考慮した模倣性の概念を導入し、時間経過に依存して生じるオートメーションサプライズの性質を明らかにする。また、時間オートマトンによって記述されたマシンおよびユーザモデルに対する合成モデルを提案し、時間を考慮した人間-機械系においても、その合成モデルを用いることによりオートメーションサプライズの検証が可能である事を示す。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、人間-機械系においてヒューマンエラーを誘発する大きな要因の1つであるオートメーションサプライズの発生を回避するための形式的手法に関する研究成果をまとめたものであり、6章からなる。

まず始めに、離散事象システム理論の観点から、人間-機械系のモデルとオートメーションサプライズの数学的定義を行っている。人間-機械系は、マシン、ユーザ、ユーザインタフェースから構成され、マシンの振る舞い（マシンモデル）とユーザの操作（ユーザモデル）をそれぞれオートマトンで表現し、ユーザインタフェースは2つのオートマトンの状態間の対応関係によって記述される。このような人間-機械系に対して、これまでに議論されている Mode Confusion、Blocking State に加えて Refusal State という不適切な状況が存在することを示し、それぞれに数学的な定義を与えている。Refusal State の導入により、より詳細なオートメーションサプライズの解析が可能となっている。

つぎに、マシンとユーザの並行的な動作を記述する合成モデルを構成することにより、オートメーションサプライズの存在を検証する手法について議論している。これまでも、合成モデルを用いた検証手法は提案されているが、本論文では Refusal State も取り扱えるように合成モデルが拡張されており、全ての不適切な状況を統一的に検証することが可能となっている。

さらに、人間-機械系に模倣関係の概念を導入することで、オートメーションサプライズが発生しないための必要十分条件を明らかにしている。この結果を基に、模倣関係を計算するアルゴリズムを応用することで、オートメーションサプライズが決して発生しないようなユーザモデルとユーザインタフェースの同時設計手法を提案している。

最後に、マシンとユーザの振る舞いが時間的な制約をもつ場合に対して形式的手法を拡張している。時間情報を持つ人間-機械系を時間オートマトンでモデル化し、時間的要因によるオートメーションサプライズのもつ性質を調べ、その検出手法を提案している。

以上のように、本論文では、形式的手法に基づく人間-機械系の解析を通して、高信頼でユーザに優しい人間-機械系の設計に対する方法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があると認める。