

エージェントベースモデリングによる複雑構造変位型システムの信頼性評価

—ヒューマノイド型ロボットの信頼性評価とメンテナンス問題への適用—

A study on performability evaluation for structurally complex displacement systems using agent base modeling

愛知県立大学 情報科学部 地域情報科学科 伊東 寛人, 市川貴久 指導教員: 奥田 隆史

1 はじめに

我々の研究グループでは、ヒューマノイド型ロボット(以下、HR)を利用した娯楽や教育等のサービスに関する研究開発を行っている[1]。HRは、サービスに基づく歩行等の動作に応じて複数の関節や部品(以下、ノード)が連携しながら、その位置が時間とともに変化していくシステム(以下、複雑構造変位型システム)として解釈することができる。

複雑構造変位型システムが、目的のサービスを安定して提供し続けるためには、そのシステムの信頼性を評価し、その信頼性を維持するように構成部品の修理や交換などのメンテナンスを実施する必要がある。しかしながら、マルコフモデル等の確率モデルを応用する既存の信頼性評価手法では、個々のノードの故障過程はマルコフ性を有しその発生も独立で生じるものと仮定する必要がある。そのため、HRのようにノード間の独立性を仮定できないようなシステムの信頼性を評価することは困難である。

そこで本研究では、複雑構造変位型システムの信頼性評価を行うために、個々のノードをエージェントとして扱うエージェントベースモデリング[2]に基づいた信頼性評価手法を提案する。提案手法では、各ノードの故障間隔や寿命等をエージェントの属性、各ノードの故障による影響をエージェント間の相互作用により表現することで、複雑構造変位型システムの信頼性評価を実施する。

2 エージェントベースモデリング

本研究では、図1に示す複雑構造変位型システムと故障したノードの修理を行う修理メンテナンス工場からなる、故障・修理系を考える。なお、複雑構造変位型システムはノードの集合 V とその結合関係により規定されるものとする。

ここで、図1の故障・修理系を、修理メンテナンス工場を環境(E)、個々のノードをエージェント(Na)としたマルチエージェントシステムとして捉える。

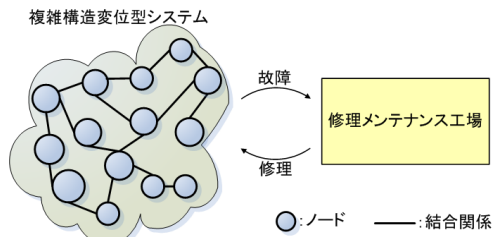


図1 複雑構造変位型システムの故障・修理系

本研究で想定する E と Na の属性について以下に示す。

環境(E)

E には、修理を担当する修理工が k 人いる。修理工は、 Na が故障状態である場合に修理率関数 $\mu_V(t)$ で修理を行うものとする。

エージェント(Na)の属性

各 Na は、内部状態「正常、故障、修理中」の3状態を有し、正常 Na は故障率関数 $\lambda_V(t)$ で故障するものとする。また、 Na は故障による影響度 B_V を持ち、他の正常 Na に対して影響を与える場合もあるものとする。

3 ヒューマノイド型ロボットの信頼性評価

本研究で対象としたHRは、(株)富士通オートメーション社製のHOAP-2[3]である。HRは15部位($V=\{\text{頭H, 胸Ch, 腰W, 左-右肩L(R)S, 左-右肘L(R)E, 左-右手L(R)W, 左-右股L(R)Cr, 左-右膝L(R)K, 左-右足L(R)A}\}$)から構成され、図2に示す結合関係を持つものとして信頼性評価を行う。

E のパラメータ設定は、 $k=1$ 、修理ルールはFIFOとする。また、 $\mu_V(t)$ は指数分布とし、そのパラメータは μ_V とする。 Na のパラメータ設定は、次の3つのCase A~Cを想定した。

Case A: 各 Na の故障は、全て等しく $\lambda_V(t)$ はポアソン分布とし、そのパラメータは $\lambda_V=0.0083(\text{回/月})$ とする(B_V は考

慮しない)。

Case B: 各 Na はCase Aと同様の $\lambda_V(t)$ を持つが、 B_V を考慮し、隣接した正常 Na の λ_V が $(1+B_V)\lambda_V$ と変動するものとする。ただし、 $B_{Ch}=10$, $B_W=8$, $B_{L(R)S,L(R)Cr}=6$, $B_{H,L(R)E,L(R)K}=4$, $B_{L(R)W,L(R)A}=2$ とする。

Case C: 各 Na の $\lambda_V(t)$ は異なる(B_V は考慮しない)。 $\lambda_{H,Ch,W}(t)$ はポアソン分布とし、そのパラメータは $\lambda_{H,Ch,W}=0.0083(\text{回/月})$ 、他 Na の $\lambda_V(t)$ は一様分布とし、そのパラメータは区間1~10年($\lambda_V=0.083\sim 0.0083(\text{回/月})$)とする。

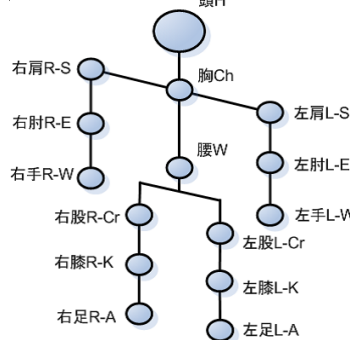


図2 HRの結合関係

μ_V をパラメータとしてシミュレーションにより計算した完全稼働確率 π_0 を図3に示す(シミュレーション期間は10,000ヶ月とした)。 π_0 は、長時間経過したときに故障ノード数が0の確率である。なお、シミュレーションには(株)構造計画研究所[4]のマルチエージェントシミュレータartisoocを利用した。

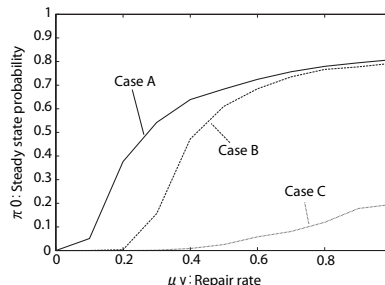


図3 完全稼働確率 π_0

図3から、 π_0 はCase B,Cの方がCase Aよりも大きく下回っているため、故障ノードの影響、故障率関数の違いを考慮し保全間隔等を検討していく必要があることがわかる。また、提案手法は、既存の手法では評価困難である複数のノードが同時に故障する場合(Case A)、故障ノードの影響を考慮した場合(Case B)、故障率関数をポアソン分布としない場合(Case C)など様々なケースを、エージェントに与えるパラメータを変更することで容易に表現できることが確認できる。

4 おわりに

本研究では、複雑構造変位型システムの信頼性評価を行うために、個々のノードをエージェントとして扱うエージェントベースモデリングに基づいた信頼性評価手法を提案した。数値例で提案手法は、既存の手法では評価困難である、故障ノードの影響や故障率関数の違いなど様々なケースを容易に表現できることを確認した。今後の課題としては、より実践的に評価するために経年劣化や気温の影響等を考慮できるように拡張することが挙げられる。また、計算時間を減らすようなシミュレーションアルゴリズムを検討したい。

参考文献

- [1] 前田他, “エビキタスノードとヒューマノイド型ロボットとの連携動作による家電遠隔操作の実装と評価”, 信学技報, IN2004-170, 2005.
- [2] 山崎他, “エージェントベースモデルによるコンテンツ配信網におけるリクエストパターン生成手法”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J89-B, 2006.
- [3] (株)富士通オートメーション, HORP-2 取扱説明書, 2004.
- [4] (株)構造計画研究所: <http://www2.kke.co.jp/>.