シミュレーションの高速化と精度向上

シミュレーションの並列処理とデータ同化

和田 篤

October 27, 2016

動機と狙い

テーマ選択理由

- シミュレーションの精度を上げたい，計算時間を短くしたいという声をよく聞く
- 得意分野の機械学習，アルゴリズムでシミュレーション技術の役に立ちたい

狙い

- 並列化とデータ同化技術のアイデアと基本的な概念を紹介
- 技術開発方針の一助に

目次

シミュレーションの分類

状態変化の数による分類

- 連続ミュレーション: 状態変化が無限回
- 離散イベントシミュレーション: 状態変化が有限回

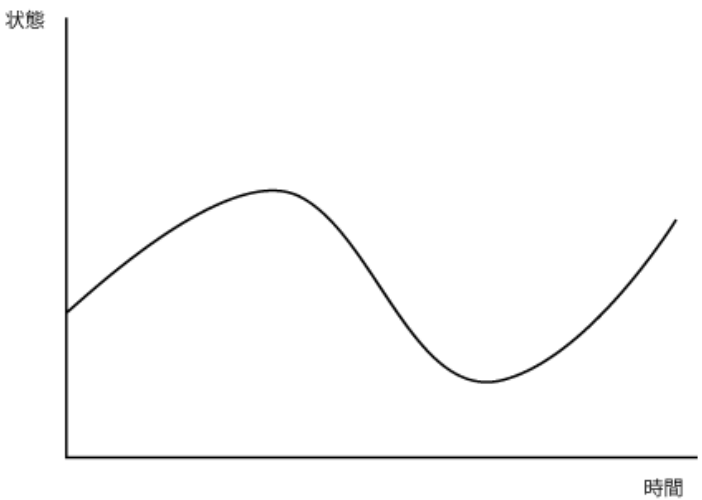

Figure: 連続シミュレーション

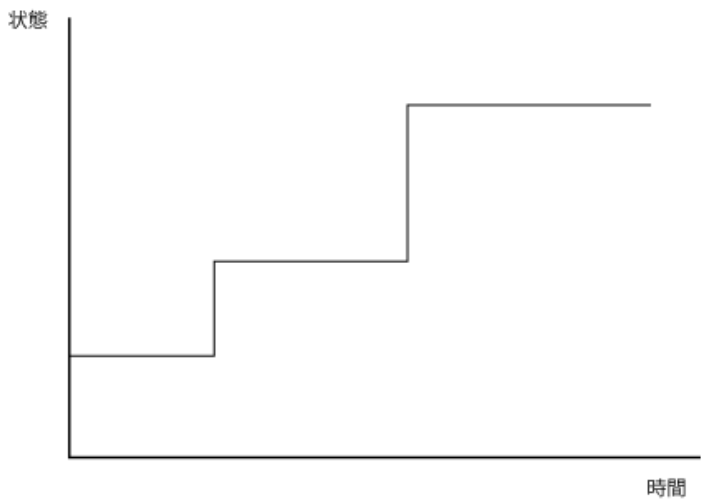

Figure: 離散シミュレーション

離散イベントシミュレーション (DES)

DES の主要構成要素

時刻 シミュレーション上の時刻
状態 シミュレーションで計算したい値
イベント 状態を変化させる & 新たなイベントを生成

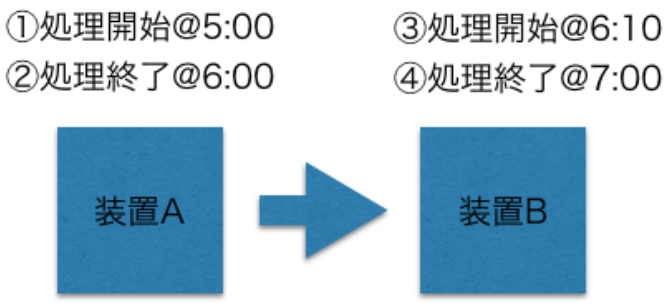

Figure: DES の例

Table: DES の例 (詳細)

時刻	イベント	状態
4:00	DES 開始	{}
5:00	①	{ 装置 A: 処理中 }
6:00	②	{ 装置 A 工数:1}
6:10	③	{ 装置 A 工数:1, 装置 B: 処理中 }
7:00	④	{ 装置 A 工数:1, 装置 B 工数: 1}
8:00	DES 終了	{ 装置 A 工数:1, 装置 B 工数: 1}

DES に対するアルゴリズム: time-bucket 法

time-bucket 法 (単位時間ごとに計算)

単位時間を定義し，単位時間ごとに処理すべきイベントがあるか確認する．

1: **while** 終了条件を満たさない **do**
2: 　時刻を単位時間すすめる
3: 　**if** 現在時刻に処理すべきイベントがある **then**
4: 　　イベントを処理する．

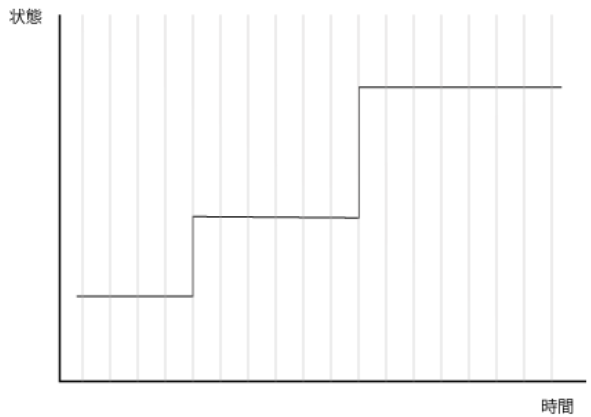

Figure: time-bucket 法のイメージ

DES に対するアルゴリズム: event-driven 法

event-driven 法 (状態変化時のみ計算)

イベントキューを利用して，イベントが発生する時刻のみ計算する．

1: **while 終了条件を満たさない do**
2: **　イベントキューの先頭にあるイベントを処理**
3: **　時刻を取り出したイベントの発生時刻にする**
4: **　イベントを処理する**

Parallel DES の基本アイデア

アイデア

別々の装置は並列に処理できるのではないか？

基本概念

LogicalProcess イベントを処理する仮想エンティティ．

イベント 1 つの LogicalProcess で発生し，その LogicalProcess の状態のみ変化させる．

メッセージ イベントが発生した際に，他の LogicalProcess に送信するイベントのこと．

並列処理可能である十分条件

並列処理可能である十分条件

Q: **どんな時に並列に処理しても結果が変わらないか?**
A: **イベントを処理する順序が変わらない場合．ある** LogicalProcess **は今後，送られてきうるメッセージの開始可能時間より小さい時刻では処理してもよい．**

ネットワークベースの方法

null-message

課題

Queue が空の場合処理できない安全なメッセージのみ処理すればいいのか

解決方法

null-message: 状態を変化させないメッセージ arc の時間をすすめるために，時刻のみのメッセージを追加する

time-warp 法の動機

time-link 法の課題

time-link 法では，safe である可能性が高いが確実でない場合に，並列処理できない．また，null-message を多用した場合オーバーヘッドが大きい．

time-warp 法のアイデア

time-warp 法では上記の状況でまず並列に処理し，safe でなかった場合 rollback することで並列性を高める．

rollback

ある LP で起きたイベントが safe でなかった場合，何をロールバックすればよいだろうか？

イベントの作用

① LP の状態を変化させる② 他の LP にメッセージを送信する

ロールバックの種類

そこで，以下 2 種類のロールバックが必要となる．① restolation: **LP の状態②** antimessage: **他の LP に**

restolation

a

antimessage

a

動機

a


Fujimoto, Richard M. "Parallel discrete event simulation." Communications of the ACM 33.10 (1990): 30-53.


Fujimoto, Richard M. Parallel and distributed simulation systems. Vol. 300. New York: Wiley, 2000.


Jefferson, David, and Henry A. Sowizral. "Fast concurrent simulation using the time warp mechanism." (1982).


Chandy, K. Mani, and Jayadev Misra. "Distributed simulation: A case study in design and verification of distributed programs." IEEE Transactions on software engineering 5 (1979): 440-452.