

# 都市・車両・鉄道・道路網を総合的に扱える 多層マルチエージェントシミュレータについて

竹之上典昭<sup>†</sup> 蛇島伸吾<sup>†</sup>

株式会社グローバルセキュリティー<sup>†</sup>

## 1. はじめに

スローモビリティ・ナローモビリティ・自動運転車両の導入，高齢化が進む運転手，歩行者等，日本の交通事情は刻々変化しており，これらの変化に対応した安心安全な都市の機能を設計することは非常に重要な課題である．都市機能の設計では，人と人とが繋がり多層にわたる年齢層の人々が安心して暮らせる社会の建設を目指している．この理想的な都市とそれを支える移動手段としてのモビリティをトータルで設計するためには，多くの考慮要件を検証する必要があり，複雑な事象を総合的に扱えるシミュレータが必要である．

本論では，シミュレーションに登場する車両や歩行者等をエージェントとして捉え，さらに各エージェントを多層化することで多様な特性や個性を持たせると共に，これらを総合的に扱える多層マルチエージェントシミュレータ(LSS: Land Landscape Simulator)を開発したので報告する．

特に，多数・多様なエージェントを高速処理する技術，エージェントの多層化による人格付与のモデル，都市計画からエージェントの能力・行動等を規定する処理言語について述べる．

## 2. 多様なエージェントを高速に処理する手法

都市・車両・鉄道・道路網を総合的に扱うには，インフラとしての都市・道路・鉄道の各データを整備するとともに，その上で個々の自由意志を持って動くことができる人・車両・列車さらに信号機の動作，交通事故の不定期なイベント，人の流れによって伝わる情報などの評価時間の異なる多様なエージェントを高速に処理する必要がある．多様で多数のエージェントを高速に処理する方法として HTW : Hierarchical Time Wheel [2]が知られている．

しかし HTW を用いた場合にも，周期的なイベントの処理には，テーブルドリブンの処理を必要 [2]としていたことが大きな課題であった．

また，多数エージェントの高速処理には，並列処理手法の中で有力な方法がストリームコンピューティング [3]であるが，その高速処理を実装する手法として Codelet Model [4]がある．多数のエージェントをタスク化することなく，データフローのアクターの如くイベントを流すという Codelet Model の思想 [4]を HTW と有機的に結合することで上記課題を解決し，時間テーブルの異なるイベントから周期的に発生するイベントまでも高速処理することを可能にした．

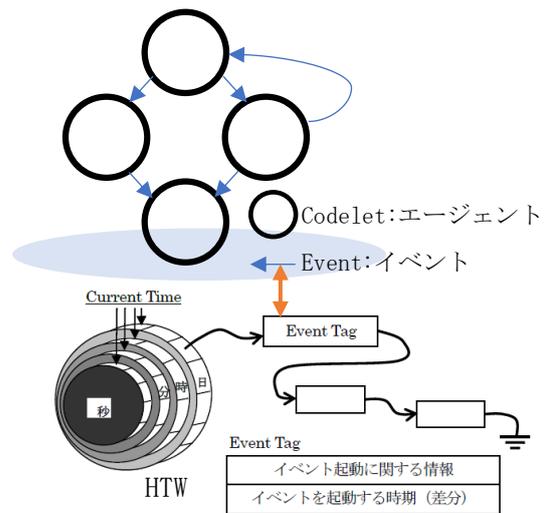


図 1 HTW による処理概念モデル

Codelet 化したエージェントとイベントを HTW が繋ぎ実行を制御する

その概念モデルが図 1 である．実装ではエージェントと周期イベントはスタティックに，離散的なイベントはダイナミックなメモリ空間に配置され高速に処理される．

## 3. 個性を有する多層マルチエージェント

LSS のエージェントは個々の判断で自律的に行動する．また，認知科学の分野では，人間の脳は，部位により役割分担があり無意識下で同時並行的に活動している [1]ことも知られている．

About a multi-layer multi-agent simulator that can comprehensively handle cities, vehicles, railways, and road networks

<sup>†</sup> Global Security Inc.

LSSではこの概念を導入し、エージェントに階層を持たせることで、複雑な処理を概念的に整理し、個性を持ったエージェントを実現している。

の規模・評価内容に応じた地形の設定が必須である。車両の能力機能の評価に適した「試験場タイプ」と緯度経度に基づく標高を有し、建物や道路網を自由に設定する実世界に近い環境を模擬した「実環境タイプ」の2つがある。

そして、実際に走行する移動体の能力（車体の大きさ、車体重量、エンジン出力、搭載センサの種類と監視領域、評価刻み時間）をコンポーネント登録し、コンポーネントの実体化（生成）、移動経路の付与、信号機のコンポーネント登録及び生

成、道路網の記述、シミュレーション参加時刻などの設定、更に適切なメモリと高速性の確保の為の HTW の設定、3D地形ファイル、出力ファイルの指定などを記述する言語(LSS Script)を設計し開発した。これにより、シミュレーションの前提と評価結果をワンセットで保持でき、事後の評価検討を正確に実施することができる。

### 5. おわりに

多種多様で複雑な状況をシミュレートできるLSSはSwift言語で記述しmacOS上で稼働している。3D空間の表示を除けば、ubuntu上で稼働も可能である。現在、津波被害避難民の避難誘導計画、火山の噴石飛散シミュレーションにも応用が広がっている。シミュレータの高速処理性を活かした分野の開拓と現実世界との整合性を高めるデータ整備が今後の大きな課題である。

### 参考文献

- [1] 伊藤正男, 佐伯胖, “認識し行動する脳-脳科学と認知科学”, 東京大学出版会, 1988.
- [2] 竹之上典昭, “時間テーブルの異なる事象を包含する複雑系シミュレーションの時間管理方式,” 防衛大学校理工学研究報告, 第巻49, 第1, pp. 85-94, 9 2011.
- [3] 竹之上典昭, “ストリームコンピューティング,” 防衛技術ジャーナル, 第巻38, 第1, pp. 4-12, 2018.
- [4] S. Joshua, Z. St´ephane and G. R. Guang, “An Implementation of the Codelet Model,” [Online]. Available: <https://www.caps1.udel.edu/pub/doc/papers/europar13.pdf>. [Accessed 12 2020].

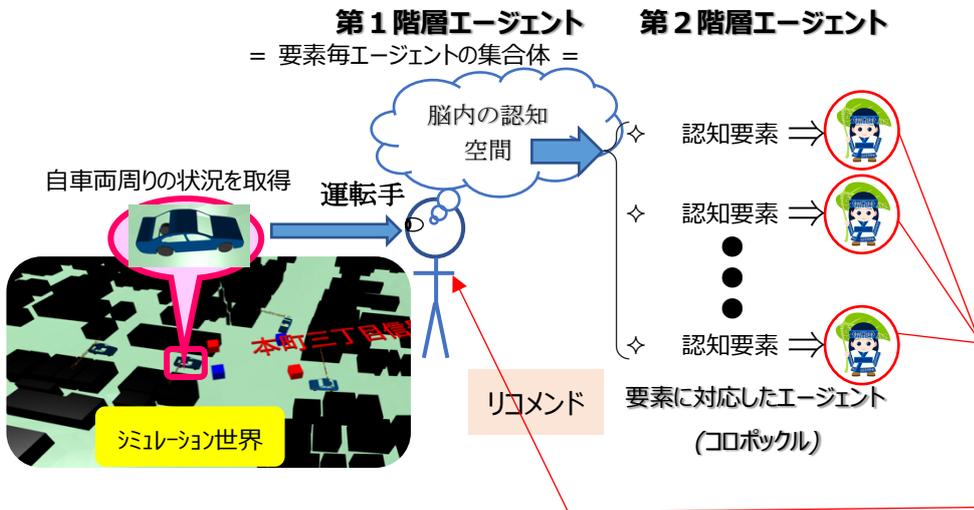


図2 エージェントの多層構造と機能

図2は車の運転手エージェントの実現要領を構造と機能で示している。車にはセンサ機能として人の目・車載センサなどがあり、情報が第1階層の運転手脳内認知空間に集まる。第2階層エージェント(コロポックル)が道路状況(道路カーブ、道幅、最高速度、走行車線数等)や他の車両(前後車両、交差点で干渉の可能性がある車、干渉する可能性がある対向車、車線変更側道路の前後車等)、信号機、道路標識等の要素を監視する。そして要素ごとのリコメンドを運転手に投げ、これを総合的に判断し、加速・減速・ハンドル操作を行う。

例えば、群馬県桐生市で運行しているスローバスの場合、速度制限を20[km/h]に設定し、後続車両の監視と道譲りの判断をおこなうコロポックルを追加し定義できる。

表1 運転手に性格を付与する設定の例

コロポックル 基準	運転手の性格			
	標準	慎重	性急	自動運転
カーブ減速率	中	大	小	大
車間距離	中	中	小	大
加速率	中	小	大	小

運転手には表1の様なコロポックルの基準を設定することで性格を付与することができ、自動運転の性格も設定することができる。

### 4. シミュレーション環境・エージェントの能力・個性を規定する言語

LSSを有効に使用するには、シミュレーション