



新しい人工知能の意思決定 プランニングの仕組み「ART-HTN」

森 寅嘉

AIエンジニア

スクウェア・エニックス

moritomo@square-enix.com

並木 幸介

シニアAIエンジニア

スクウェア・エニックス

namikous@square-enix.com

講演者の紹介



森 寅嘉

スクウェア・エニックス AIエンジニア

キャラクターAIとアニメーションについて公立はこだて未来大学で研究していた。2019年スクウェア・エニックス入社

現在はテクノロジー推進部でAIとアニメーション分野の以下のテーマを研究開発している。

- フルプロシージャルアニメーション
- HTNを利用したキャラクターAI



並木 幸介

スクウェア・エニックス シニアAIエンジニア

2008年からゲーム業界に携わり、2012年スクウェアエニックスに入社。

- FINAL FANTASY XV
- KINGDOM HEARTS III
- FINAL FANTASY VII REMAKE

など複数の大型タイトルにAIエンジニア、QA自動化AIエンジニアとして携わる。

現在は、テクノロジー推進部にて次世代のAIシステムの研究開発を進めている。



Today's Game AI and HTN

Introduction

ゲームAIシステムの種類

- ・ ゲームAIシステムの候補
 - ・ 有限状態マシン(Finite State Machine)
 - ・ Behavior Tree
 - ・ GOAP
 - ・ Hierarchical Task Network (HTN)

近年のゲームAIは、反応的な行動のクオリティは高くなってきている
しかし**長期的な行動**は改善されておらず、未だ挑戦的な分野である

HTNの紹介

- HTN とは何か?
 - 伝統的なプランニング手法
 - 静的環境におけるプランニング
 - e.g. 配送最適化問題など
- HTNへの期待
 - 未来の状況を予想できる
 - 計画的な行動ができる



HTNの例

```
ApproachTask = {  
  operator = {  
    precondition = function()  
      WorldState.Equal( WS_ENEMY_IN_RANGE )  
    end,  
  
    operation = OpApproachTarget( LOCATION_TARGET , SPEED_DASH ),  
    asyncop = OpLookAt( LOCATION_TARGET ),  
  
    expect_effect = function()  
      WorldState.Effect( WS_ENEMY_IN_RANGE , true )  
    end,  
  
  }  
}  
  
HitAndAwayTask = {  
  method10 = {  
    precondition = function()  
      WorldState.NotEqual( WS_ENEMY_IN_RANGE )  
    end,  
  
    subtask = {  
      "ApproachTask" ,  
      "ShootAttackTask" ,  
    },  
  
  },  
  
  method20 = {  
    subtask = {  
      "LeaveAwayTask",  
    },  
  
  },  
}
```

- HTNには二種類のタスクのタイプがある
 - プリミティブ
 - コンパウンド
- タスク分解
 - コンパウンドタスクを、複数のタスクへ分解する
- 階層型プランニング
 - 大きなサイズの問題を、より小さなサイズの複数の問題に分割して解く

ゲームにおけるHTN

- HTNは静的環境でのプランニングに優れている
- しかし、据え置きゲームのマーケットでは、リアルタイムに進行するゲームが主流となりつつある
- HTNは動的環境で動かすようには作られておらず、プレイヤーの挙動はHTNにとって予測不可能である

HTNの不確実性の問題

- HTNでは、プランニングフェイズが終わった後、タスクは一本鎖のように順番に並べられ、一つ一つ順番に実行される
- タスク・チェーンが一たび作られると、HTNシステムはそれを変更できない。環境の変化があった場合には、既存のプランは全て破棄して新しいプランがリプランニングによって作られる
- リプランニングの頻度が増えるほど、AIは長期的な思考能力を失っていき、より短期的な視野の即応的なAIに変質してしまう



Next Gen HTN

ART-HTN



達成したいこと

- ・リアルタイムで**状況が変化**しても、長期的な行動をプランニングによって実現したい
- ・プランニング・システムの長所を活かすため、**リプランニング回数を可能な限り減らす**
- ・記号的プランニングの代わりに、より実ゲームに近いシミュレーションを用いたプランニングを行い、プランの精度を高める

ART-HTNの機能

1. シミュレーション・プランナー

ゲームの簡易シミュレーションは記号的プランナーよりも適切な状況を生成することができる。より良いプランナーを採用することで、リプランニング回数を減らすことが期待できる

2. マルチシナリオ・プラン

プランナーは不確実な状況変化に対応するため、複数のシナリオを持つ

3. プラン・エグゼキュータ：役割の分離

プランの生成者ではなく、プランの実行者により強い権限を与えることで、より柔軟にプランを制御することができる

The background is a high-resolution image of a rocky, brownish terrain resembling a planetary surface. Overlaid on this is a large, semi-transparent grid of triangles in various colors (blue, green, yellow, orange, red, purple). A small, detailed rover is positioned on one of the grid's vertices in the lower-middle section. A horizontal light blue bar spans the width of the image, containing the text 'ART-HTN' on the left and a large title in the center.

ART-HTN

1. Simulation Planner

プランニングの既存事例

- ・ 記号的プランニング

現在主流の方式。

通常のHTNやGOAPなどは記号的プランナーを採用。

ゲームを記号的に分解し、**記号化されたワールドステート**で計画を行う。

KillZone3などが有名

- ・ シミュレーションプランニング

ゲームの動作を可能な限り維持したまま簡略化した**シミュレータ**を作成し、シミュレータを用いてプランニングを行う。

先行事例としては、フロム・ソフトウェアによる「ARMORED CORE Vの階層型ゴール指向プランニングと機体制御」がある

シミュレーション方式の事例

CEDEC2011

ARMORED CORE Vの対戦AIにおける
階層型ゴール指向プランニングと機体制御

株式会社フロム・ソフトウェア
岡村信幸

Page 11

FROM SOFTWARE

1. ゲームの状況から「状態」を作る(1)

- ゲームの状況の一場面を表現したもの

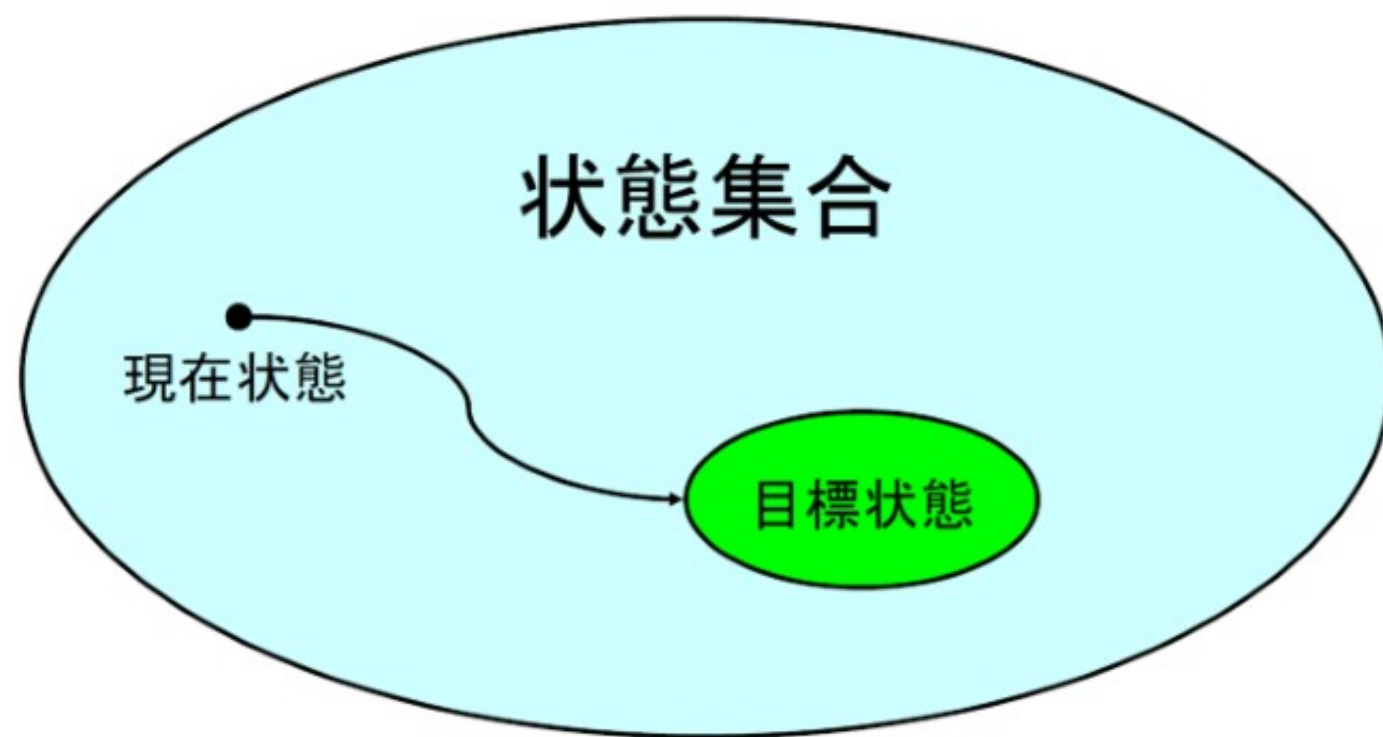


状態	
体力	30000
位置	x=104.2 y=20.3 z=300.4
向き	0.82[rad]
敵体力	30000
残時間	10min
...	...

シミュレーション方式の事例

FROM SOFTWARE

1. ゲームの状況から「状態」を作る(5)

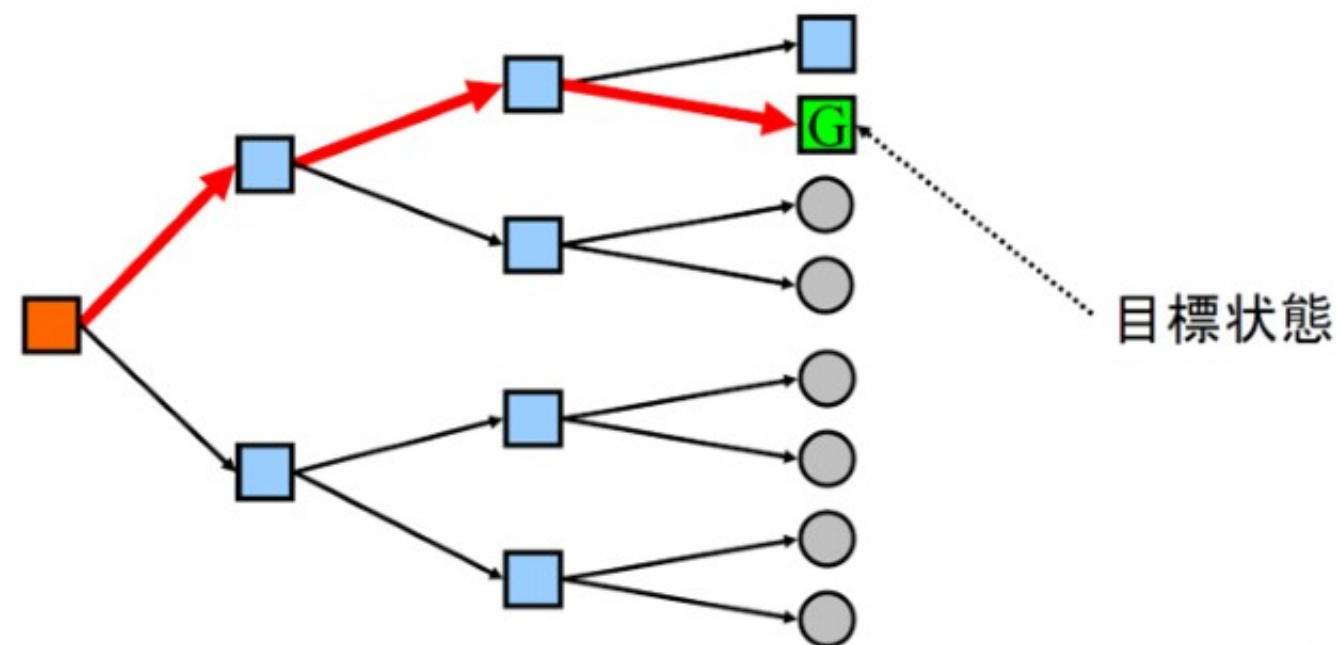


15

FROM SOFTWARE

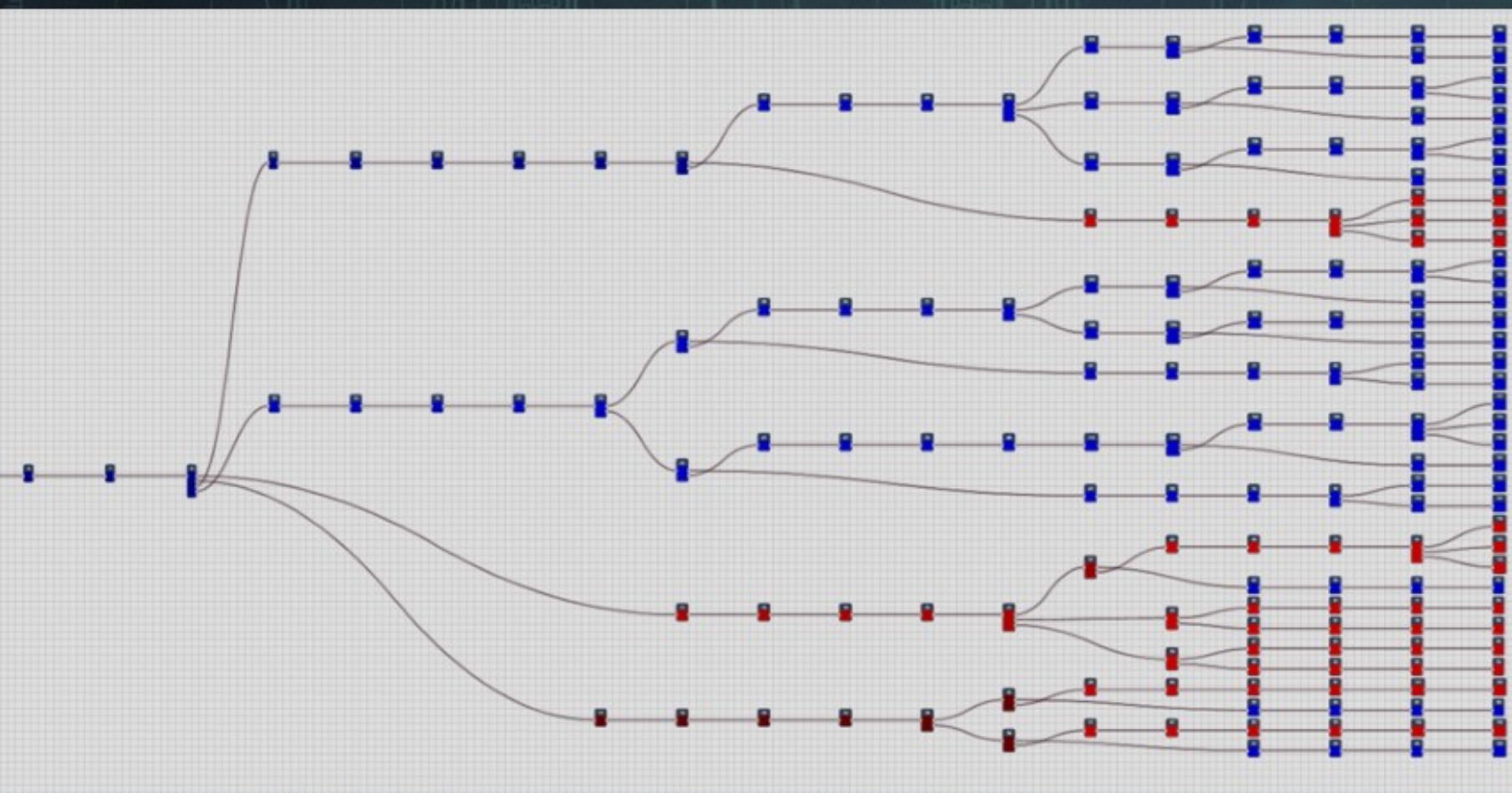
4. 状態遷移図を探索する(3)

- 目標状態だったら、所望の行動手順が得られる



23

ART-HTNの状態空間探索の例



探索データ例

- ・ シンプルなケースでの状態空間探索の例
- ・ 青色が最終的に勝ったパス
赤色が負けるパス
- ・ どの時点の意思決定で勝ち負けが決まるか判断できる

ART-HTNのプラシナー

[illegible]

- Situation Task-Networkの生成
- シミュレーションを用いて
末端ノードの分岐を作っていく
- エネミーの行動モデルを利用して
敵の行動を予測

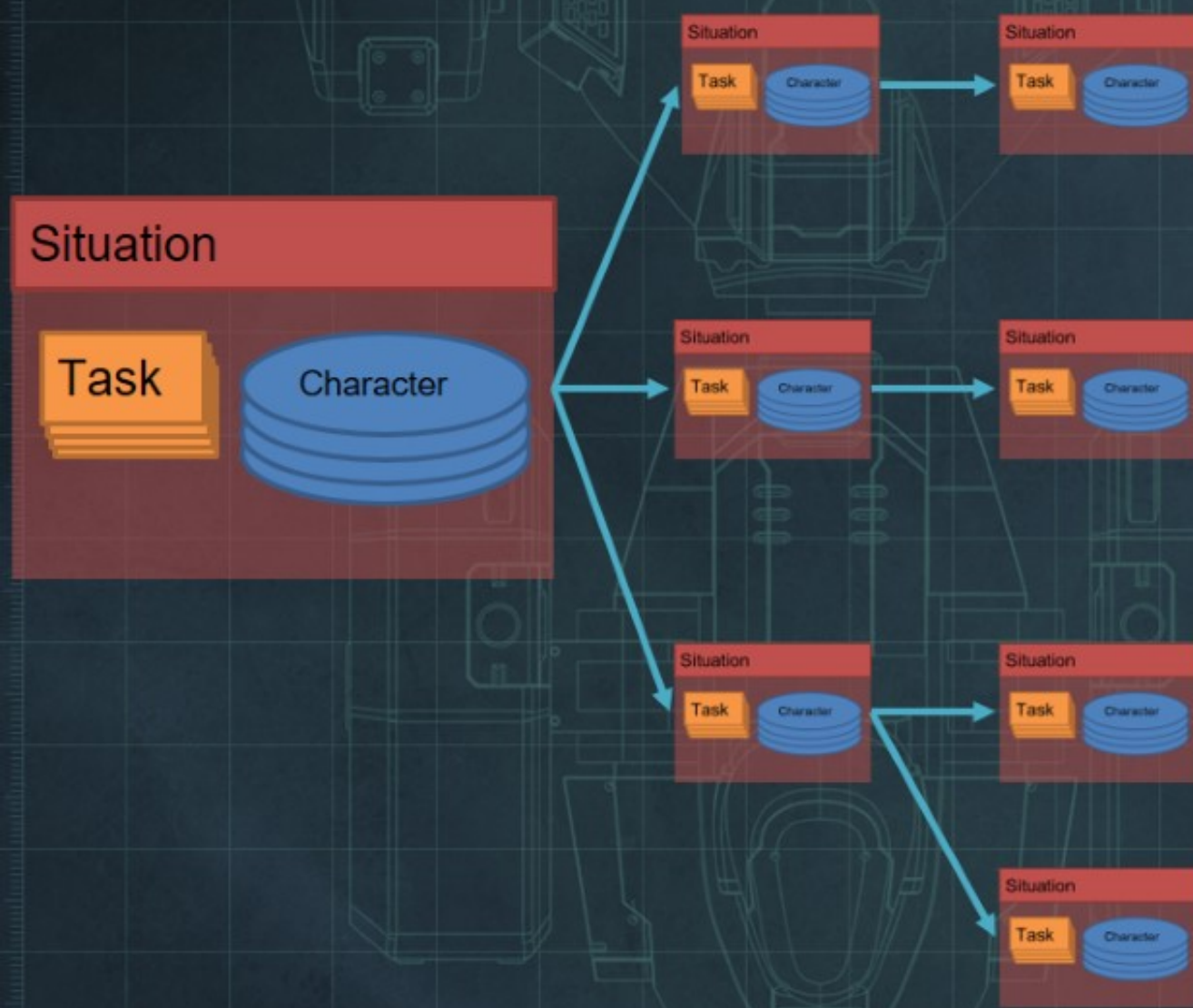
出力例



ART-HTN

2. Multi Scenario Plan

Situation-Task ネットワーク



- ST-Networkは**タスク**と**シチュエーション**という二種類のデータで構成されている
- シチュエーションは、ゲームを簡略化したモデル。ゲームワールドに含まれる重要なデータを簡略化して含んでいる
 - 各キャラクターの位置
 - キャラクターのHP
 - 敵対するエネミーAIの内部ステートID
- シチュエーションは次のシチュエーションと前のシチュエーションへの**参照**を持っており、グラフ構造を形成している
- ノードは複数の分岐（マルチシナリオ）を持つことができる

ART-HTNにおけるタスクの種類

- ・プリミティブタスク

- ・ シンプルな行動を行うタスクで、プリコンディション(事前条件)とシミュレート関数を持つ

- ・ コンポジットタスク

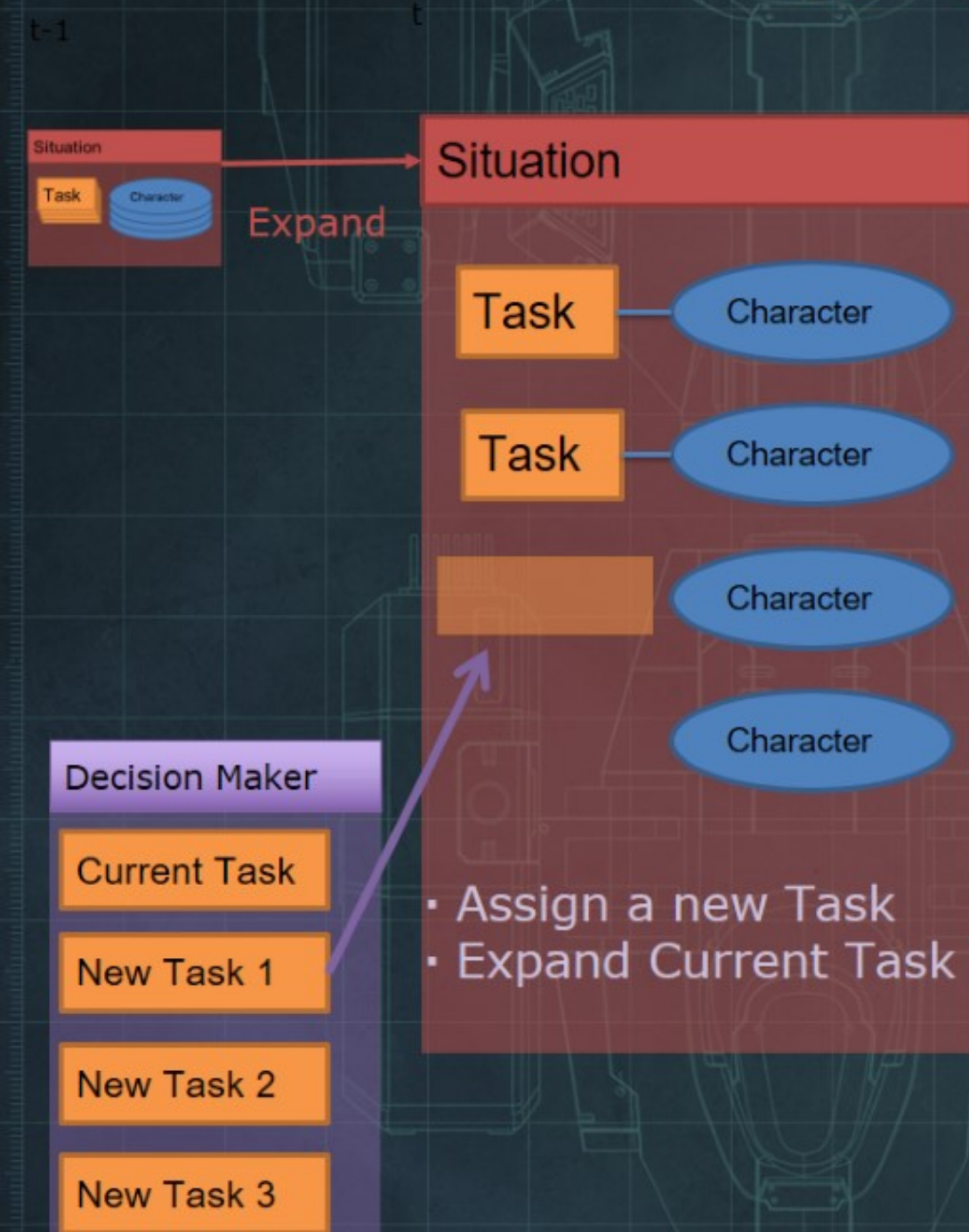
- ・ FSMタスク

- ・ 敵対者の行動をシミュレートするため、プランナーはFSMをプランニングフェイズで利用することができる

- ・ ステップタスク

- ・ シンプルなFSMの一種で、主にBehaviorTreeにおけるシーケンスノードのような使い方ができる
- ・ 少数のループや、限定された数の分岐を持つことができる
- ・ 開始と終了状態を持つ、方向性のあるアクションを記述するのに用いる

ノード展開

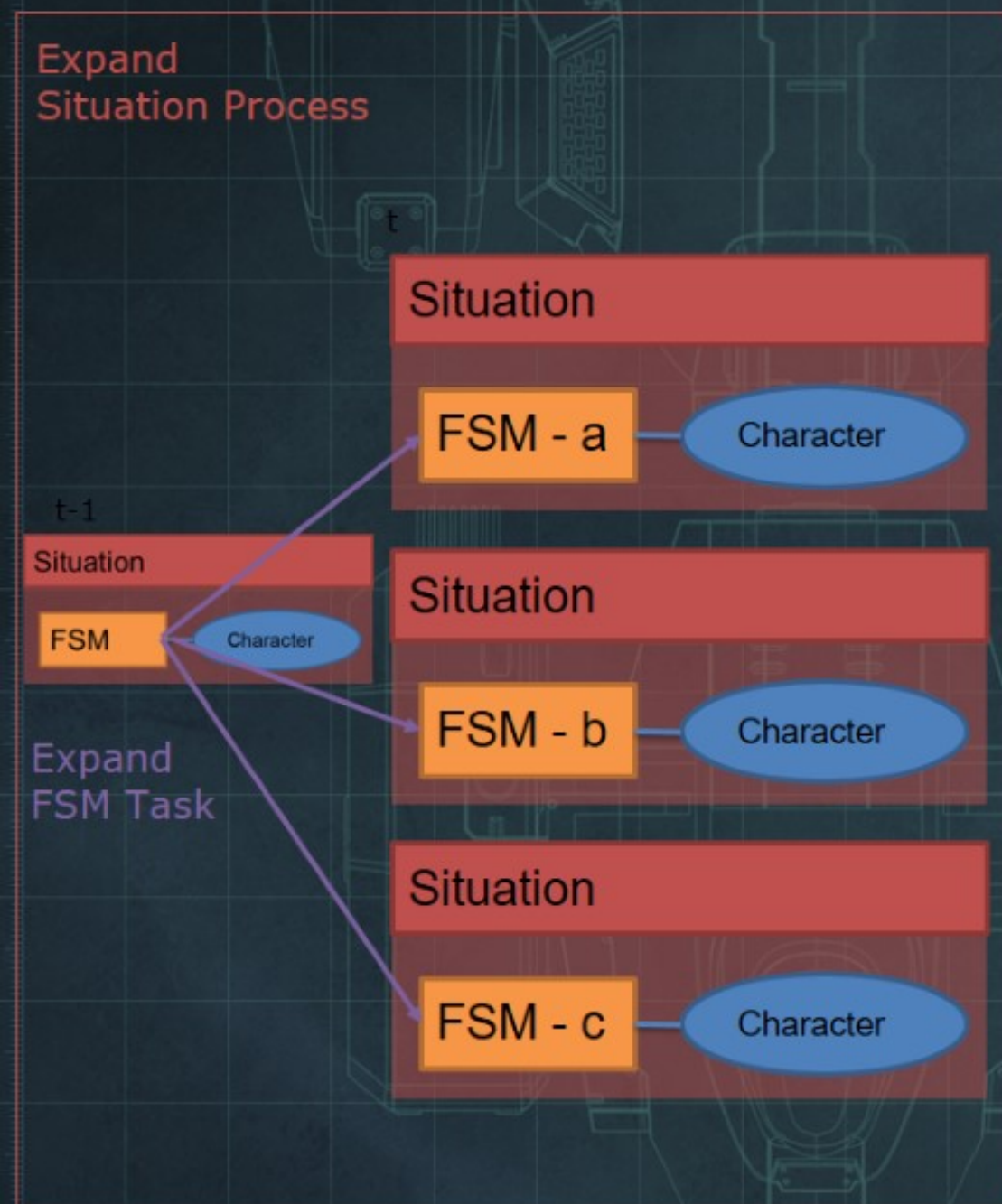


- ・ 時間を進めてST-Networkの新しい分岐を作る処理を「ノード展開」と呼ぶ
- ・ ノード展開する際に、意思決定システムは各キャラクターのタスクを選択する
- ・ 意思決定システムは、プリコンディションを満たしたタスクをアサインすることができる
- ・ 実行中のコンポジットタスクは「タスク展開」することができる

コンポジットタスクの展開

・コンポジットタスクの展開例

- ・ FSMがステートa,b,cへの遷移を持っていた場合
- ・ このFSMタスクは a,b,cのコピーインスタンスに展開できる
- ・ FSMタスクに含まれる全てのデータは、展開時にコピーされる。その後ステート遷移が実行され、a,b,cバージョンのタスク・インスタンスが作られる

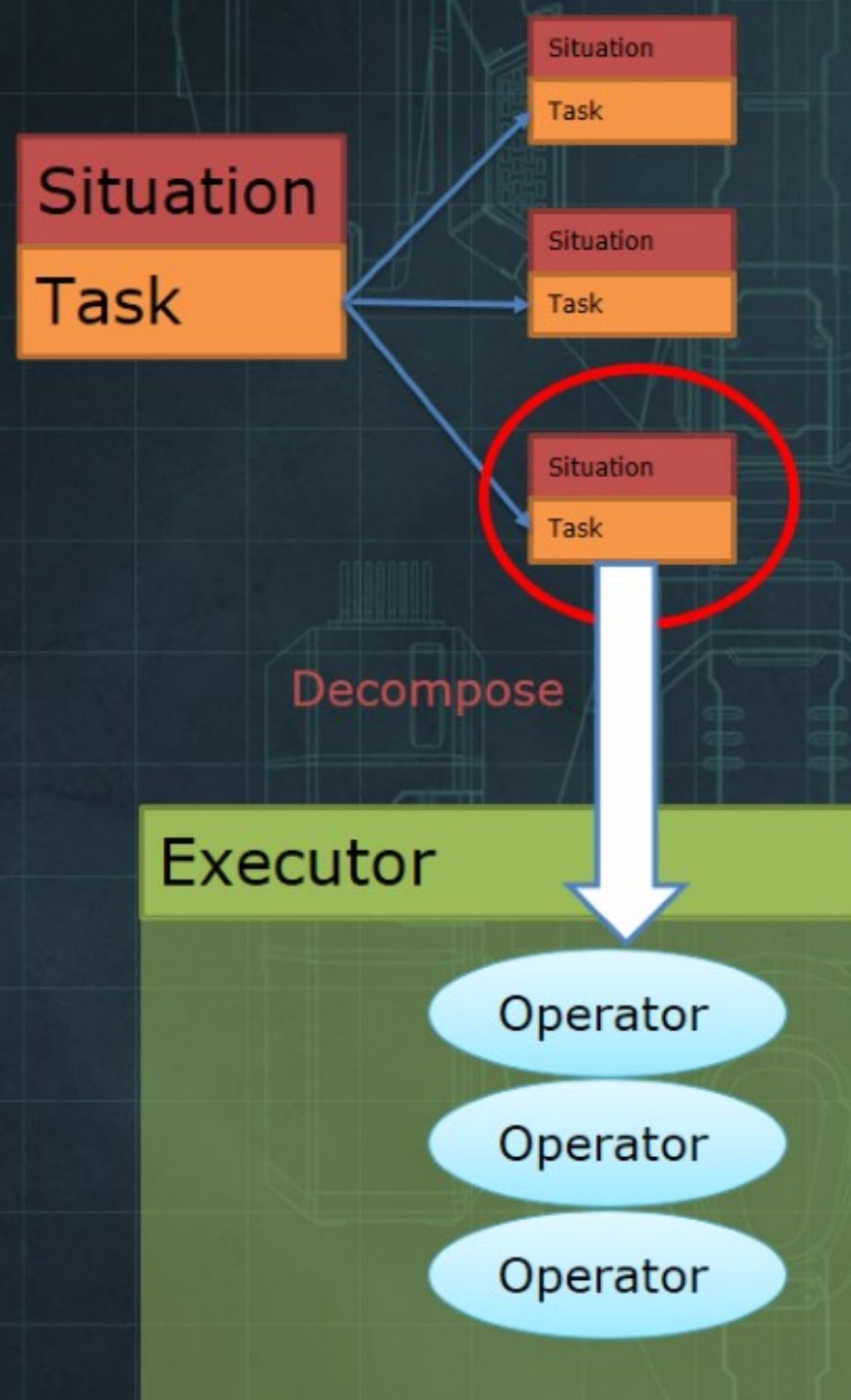




ART-HTN

3. Executor

タスク分解



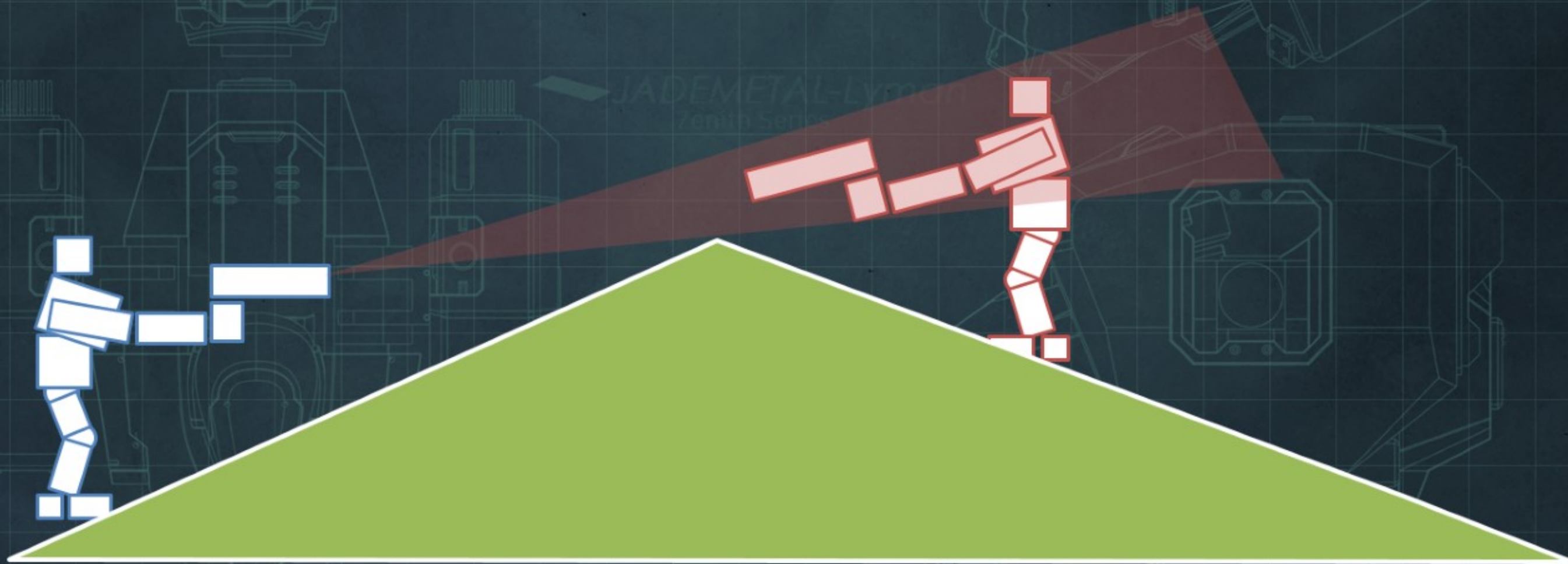
- ST-Networks から最適なタスクを選択する
- タスクは行動を表すデータだが、タスクそのものはゲーム環境で実行できるフォーマットにはなっていない
- プラン・エグゼキュータのプロセス
 - もっとも評価値の高いタスクを選ぶ
 - 選択したタスクを分解してオペレータに変換する
 - オペレータを順番に実行する

The background of the slide features a sunset scene with a large, bright sun low on the horizon, casting a warm orange glow. To the left, the silhouettes of wind turbines are visible against the sky. In the foreground, a large, dark, mechanical robot or mecha stands on a dark, rocky landscape. The robot has a complex, angular design with various panels and joints. A semi-transparent blue horizontal bar spans the width of the slide, partially obscuring the sunset and the robot.

ART-HTN

Example Demo

稜線射撃デモ



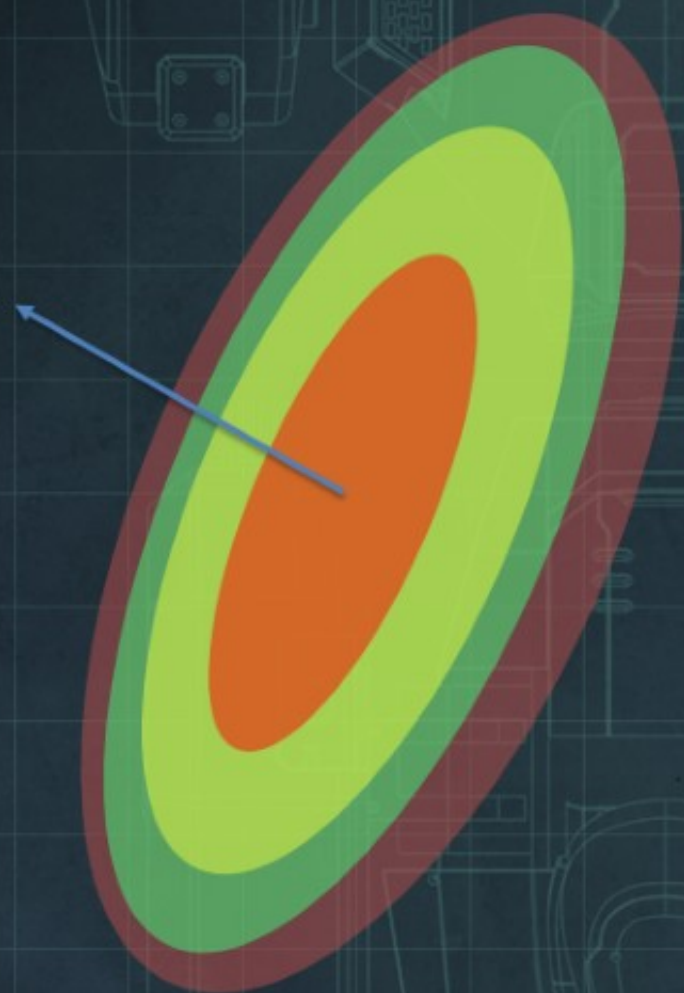
丘陵検出アルゴリズム

- ・地形から等高線を検出する

- ・丘の向きと分布をPCAを用いて計算する

- ・ Principal Component Analysis: 主成分分析

- ・ シミュレーションのため、荒い粒度だが速度の速いアルゴリズムを活用している



稜線射撃なし



稜線射撃あり



[View video\(click\)](#)



ART-HTN

Final Demo

威力偵察デモ

- ・ 偵察中に弱いターゲットを除去していく
- ・ ハイリスクな状況に遭遇したら、煙幕を張って撤退を試みる
- ・ 強力な兵器を使って、敵を破壊するか、追撃を諦めさせる

威力偵察デモ



セッションのまとめ

- 長期的な行動を動的な環境で実現するためには、HTNシステムの改善が不可欠である
- 私たちは以下の三つの機能を持つART-HTNという手法を開発した
 - シミュレーション・プランナー
 - マルチシナリオ・プラン
 - プラン・エグゼキュータ
- 動的な環境のデモでシステムの検証を行い、ART-HTNが動的な環境に適応できることを確認した

参考文献

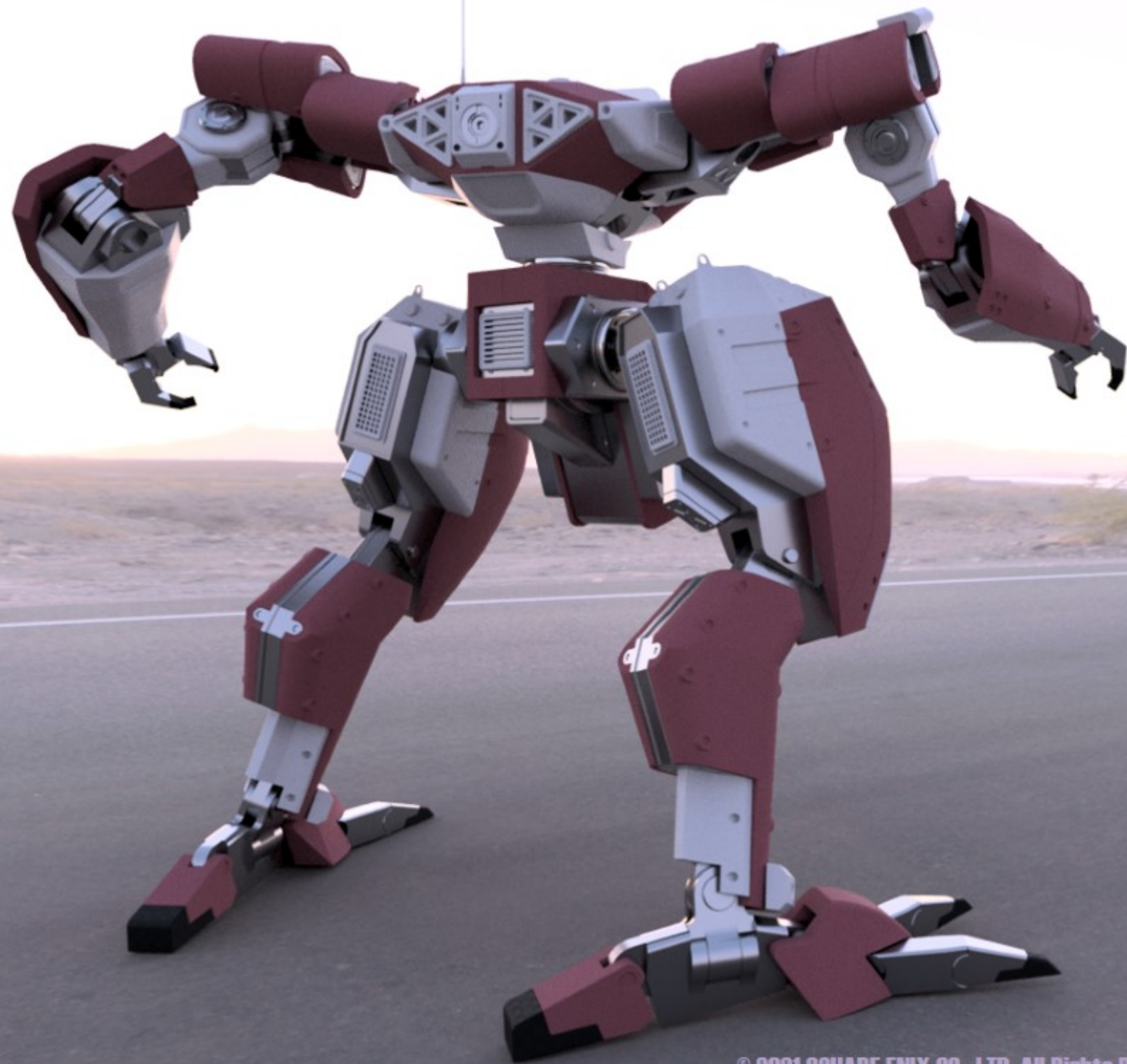
CEDEC2011 ARMORED CORE Vの対戦AIにおける 階層型ゴール指向プランニングと機体制御

株式会社フロム・ソフトウェア
岡村信幸

https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/591

ARMORED CORE は株式会社フロム・ソフトウェアの商標または登録商標です。

その他掲載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。



Thank you for watching!



新しい人工知能の意思決定 プランニングの仕組み「ART-HTN」

森 寅嘉

AIエンジニア

スクウェア・エニックス

moritomo@square-enix.com

並木 幸介

シニアAIエンジニア

スクウェア・エニックス

namikous@square-enix.com