

3D-AGI: ACT-R を用いた 3次元空間における 課題のモデリング環境

3D-AGI: Modeling environment for ACT-R interacting with tasks in 3D space

松室 美紀[†]

Miki Matsumuro

[†] 立命館大学

Ritsumeikan University

matumuro@rm2c.ise.ritsumei.ac.jp

概要

本研究では、ACT-R と Unity を接続することにより、3次元空間における課題のシミュレーションを容易に実行できる 3D-AGI の開発を目指す。特に、様々な方向を向いて課題を遂行することを想定し、Unity から視野内の情報の送信、ACT-R からのモデルの状態やコマンドの送信を、短い周期で定期的やり取りできる環境を構築した。この環境を用い、頭を動かさないとターゲットを見つけることのできない探索課題を ACT-R モデルに遂行させた。

キーワード：ACT-R, Unity, 3次元空間課題, 眼球運動

1. はじめに

User Interface (UI) の開発はプロトタイプの作成、評価、改良を繰り返すことにより行われる。しかし、特に人間のユーザを用いた評価は、時間や費用のコストがかかり、評価を繰り返すためには多大な労力が必要となる。そこで、認知モデルを用いたシミュレーションを評価に取り入れることにより、統制されたユーザ、環境下でのテストを容易に行うことが可能となる。さらに、このような認知モデルの構築により、機器使用中のユーザの認知プロセスを明らかにし、それに基づき、ユーザの使用しやすい UI、機器のデザインを行うことができる。例えば、UI における色や形などの注意誘導 [1] やボタンの位置の学習とラベルの関係性 [2] のシミュレーションがなされている。

認知モデリングに使われる認知アーキテクチャの一種である ACT-R [3] は多数のユーザが所属するコミュニティが形成されており、HCI を含む多くの分野で活用されている。ACT-R は、複数のモジュールからなり、人間の目にあたる vision module を通し外界 (課題) から情報を取得し、手にあたる motor module を通

して外界に操作を加えることができる¹。さらに、容易にシミュレーションを実施できるよう、モデルが相互作用する課題を作成するための ACT-R GUI Interface (AGI) が用意されている。しかし、AGI は主にモニタを用いた課題を想定しており、2次元の課題環境にしか対応していない。そのため、大きな装置の操作や複数の装置を並行して操作するシーンにおける認知プロセスのシミュレーションには利用できない。そのようなシーンでは、ユーザは観察する方向を変えたり、移動したりして、目的の操作を行う必要がある。そこで、本研究では ACT-R モデルが 3次元空間での課題と相互作用するシミュレーションを実行しやすくする 3D-AGI の作成を目標とする。

より具体的には、著者の所属する研究室で開発されている、目とその周辺の動き (アイジェスチャ) を利用して入力を行う手法 [4] の評価を目標とする。近年は音声やジェスチャなどの様々な新しい入力手法が提案され、その精度の向上が目指されている [5]。その一方で、どのような時にどのような手法が適しているのかの検討は少ない。そこで、アイジェスチャを中心とした複数の入力方法に対し、課題の種類、特に複数の課題を行う際の各手法や手法の組み合わせの有用性を、ACT-R を用いて比較しようとした。しかし、異なる位置にある機器にアイジェスチャを用いて入力を行うために、観察する方向を変更しようとした際に上記の問題に直面した。まずは、この評価を行うことを目標に 3D-AGI の基礎を作成する。3次元空間の課題の構築にはゲームエンジン Unity を用いる。

ACT-R と Unity を連携させた先行研究として、Smart et al. による研究がある [6]。彼らの研究では、TCP/IP 通信を用い、適宜情報をやりとりして

¹詳細は <http://act-r.psy.cmu.edu> を参照。日本語版チュートリアルは <http://www.ritsumei.ac.jp/~m-muro/actr.html> を参照。

いた。本研究で構築する環境は、主に彼らの研究に基づいており、基本的には類似した構造を持っている。彼らとの違いとして、本研究での環境は、第一に、ACT-R のアップデートに合わせて、修正がなされている。第二に、眼球運動を入力に利用することを考慮し、短い周期で定期的に情報を送り合うために UDP 通信を用いている。第三に、モデル作成者により設定できる情報の自由度を高くしている。第四に、Smart et al. のモデルでは、Unity 環境のロボットは ACT-R からの指示に従い、ある程度自律的に動いていたが [6]、本研究では、あくまで ACT-R モデルの動きを反映させる対象とする。²

2. 3D-AGI

本研究で構築する、ACT-R のための 3 次元課題環境 (3D-AGI) は、プログラミングに詳しくなくても容易に使用、拡張できることを目指している。また、著者の目的として、眼球運動を用いた入力の評価を目指しているため、目の動き (注視点) を ACT-R と Unity で常に共有する必要がある。

2.1 開発・動作環境

Mac OS Monterey を用いて実装を行ない、CPU は、Intel Core M3 であった。使用している ACT-R のバージョンは、ACT-R 7 であった。ACT-R は基本的に Common Lisp 上で動き³、その処理系として Clozure Common Lisp (CCL) を用いている⁴。3 次元空間での課題の作成には Unity 2020.3.3f1 を用いた。

両者の通信には、短い周期で定期的に情報、特に注視点の情報をやりとりするために UDP 通信を用いた。データのやり取りは JSON 形式でおこなった。通信の周期は任意で設定可能であり、現在は 0.05 秒ごとに、Unity をサーバ、ACT-R (Common Lisp) をクライアントとし、通信をおこなっている。時間的な同期を保つために、1 周期ごとに情報のやり取りが終わるまで、両者ともに課題の進行を停止する。ACT-R から情報が送信され、情報を受け取った Unity は ACT-R へと情報を送り返す。それぞれは受け取った情報を変換し、その内容に合わせて処理を行う。現在実装されている機能を以下に示す。

²ただし、いくつかの点は Smart et al. の環境を拡張することでも実行できる可能性があることはここに明記しておく。

³モデルの作成には Python も利用可能である。

⁴現時点で、CCL は Apple シリコン M1, M2 チップに対応していない。

```
{
  "modelPart": "head",
  "modelCmd": "rotate",
  "arg": {
    "rotateX": 60.0,
    "rotateY": 0.0,
    "duration": 0.5
  }
}
```

(a) 頭の回転

```
{
  "modelPart": "eye",
  "modelCmd": "position",
  "arg": {
    "screenX": 0.6629139,
    "screenY": 0.65567285
  }
}
```

(b) 注視点の位置

図 1: ACT-R から Unity への情報例 (JSON 形式)

2.2 実装機能

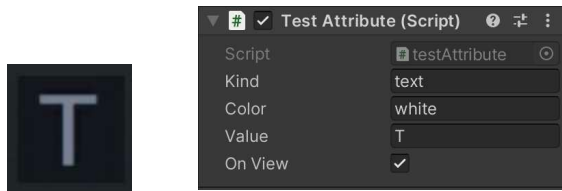
2.2.1 ACT-R から送られる情報

ACT-R (Common Lisp) からは、課題への入力を伝えるシステムコマンドとモデルの状態や振る舞いを伝えるモデルコマンドの 2 種類の情報を送信可能である。まず、システムコマンドは文字 (列) であり、任意のタイミングで送信することができる。Unity は受信した文字 (列) に対応する操作を実行する。現在は、“S” を受信した時に課題を開始し、“Q” を受信した時に課題を終了するように実装されている。

モデルコマンドはモデルの状態・振る舞いを伝える情報である。1 周期に 1 回送信され、複数のコマンドを同時に送信することが可能である。コマンドには、状態の伝えられる/コマンドを実行する体の部位、状態/コマンド、引数が含まれ、Unity は受信した内容に基づき、対応する部位の操作を行う。この際、モデルの振る舞いは全て ACT-R 側で計算、処理され、Unity 側にはモデルに対応するオブジェクトを動かすために必要な情報のみが送信される。つまり、Unity におけるモデルは、あくまで ACT-R モデルを具体化したものであり、ACT-R でのシミュレーションから独立して動くことは一切ない。現在は、頭の回転のコマンドと注視点の位置の状態の送信が実装されている。

頭の回転を伝える情報は図 1a の通りである。引数には左右方向への回転量、上下方向への回転量、回転にかかる時間が含まれている。Unity では、受け取った情報から 1 秒あたりの回転量を算出し、画面の更新時に、受け取った時間の間、等速で向きを変更する。頭の回転の情報はそれが生じた直後の通信で送られるため、最大で通信のサイクル 1 回分の遅延が生じる。この点については今後の改善が必要である。

注視点の位置を伝える情報は図 1b の通りである。引数には、2 次元座標 (x 座標と y 座標) を 0 から 1 に変換した値を含む。各通信のサイクルで、送信時の注視点の位置が自動的に算出され、送信される。受け取った情報に基づき、ゲーム画面上に注視点が表示される。



(a) ターゲット T

(b) 付与された情報

図 2: ターゲット T への情報の付与

モデルコマンドの、部位、状態（コマンド）、引数の内容は変更可能であり、様々な任意のコマンドを送ることが可能である。ただし、Unity でコマンドを処理する関数や、引数を JSON 形式から変換するためのクラスを用意する必要がある。

2.2.2 Unity から送信される情報

現在は課題の視覚情報が各サイクルで送信される。ACT-R における視覚情報は visicon と呼ばれるモデルがアクセス可能な情報として保持されている。Visicon の作成に必要とされる情報は、位置、種類、色、値、幅、高さ、サイズであり、このうちサイズは幅と高さから自動的に算出される。

Unity におけるモデルの目にあたるカメラの範囲に存在するオブジェクトを検出し、それらの情報を送信する。種類、色、値は、目の位置による変化はないため、モデル作成者が課題作成時にオブジェクトにモデルが読み取る属性を付加する。用意された Script をオブジェクトにアタッチし、必要な情報を入力するだけである。図 2 は、視覚刺激への情報の付加の例を示す。位置、幅、高さは、目の位置が変わることにより変化するため、カメラの位置から画面の大きさに対する相対量として自動的に算出される。あるオブジェクトについて送信される情報は図 3a のようになる。

ACT-R (Common Lisp) は受け取った情報に基づき visicon を作成し、ACT-R の vision module に格納する。図 3a の情報例により作成された visicon は図 3b の通りである。なお、1 秒間の移動量が一定の視角度以下（変更可能なパラメータとする）である場合は同じ物体とみなす。複数の物体が同じ物体とみなされた場合は、前フレームでの位置と最も近いものを同じ物体とする。

3. 動作例

Fang et al. [7] の研究に用いられた実験環境を Unity 内に再現し、ACT-R と接続しモデルに課題を実行さ

```
{"screenX":0.941473961,
"screenY":0.42950964,
"distance":0.617361844,
"kind":"text",
"color":"white",
"value":"T",
"height":0.152626842,
"width":0.0998}
```

(a) 視覚刺激の情報（JSON 形式）

Name	Att	Loc	WIDTH	HEIGHT	VALUE	KIND	COLOR	SIZE
VISUAL-LOCATION0	NIL	(1421.6257 325.5683 61.736183)	158.82822	119.81287	"T"	TEXT	WHITE	8958.35
VISUAL-LOCATION1	NIL	(1421.6257 325.5683 61.736183)	158.82822	119.81287	"T"	TEXT	WHITE	8958.35

(b) 対応する visicon

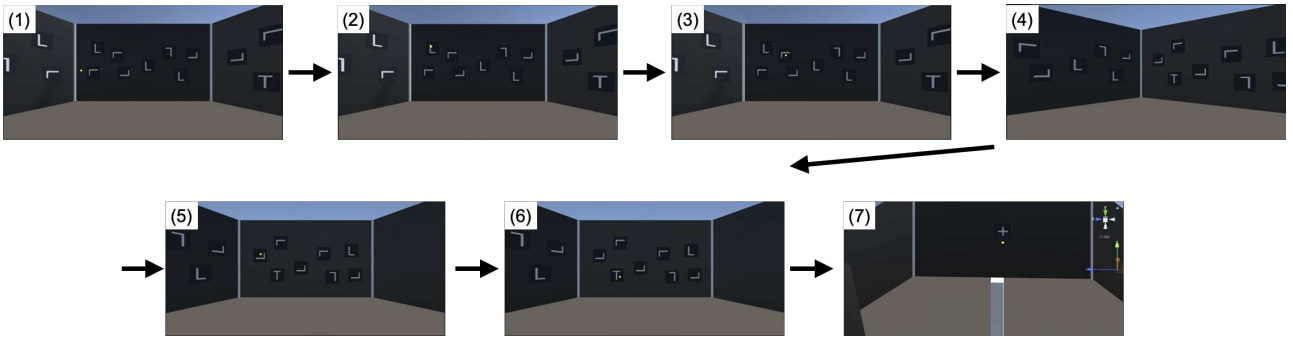
図 3: Unity からの視覚刺激の情報と作成される visicon の例

せた。実験では、参加者は 6 台のディスプレイに囲まれ、ディストラクター L の中からターゲット T を探索した。今回は環境の構築に主軸を置いたため、以下の制限された環境にて、簡略化されたモデルを実行した。まず、正面のディスプレイとその右のディスプレイのみを用い、右のディスプレイにターゲットを配置する。モデルは正面のディスプレイから探索を開始し、全ての文字をチェックしたのち、頭を回し右のディスプレイの文字をチェックする。本来であれば、頭の動きをつかさどる head module を作成すべきであるが、簡略化のため、正面のディスプレイのチェック後に 0.5 秒で 60 度、頭を右へ回転させることとする。

一連の流れを図 4 に示す。黄色い丸はモデルの注視点を示す。モデルは各ディスプレイの左端から文字をチェックするよう設定されているため、左から順に注視点が移動している（図 4a(1)-(3)）。それに伴い、モデルの vision module の内容も更新され、注意を向けられた刺激（Att の値が T）が増えていくことがわかる（図 4b(1)-(3)）。正面のディスプレイに提示されたすべての文字へ注意を向けたのち（図 4b(4)）、ターゲットが見つからなかったため、右のディスプレイが見えるように頭を回転させている（図 4a(4)）。そののち、同様に文字のチェックを繰り返し、ターゲットへ注意を向けると探索は終了となる（図 4a, 4b(5), (6)）。ターゲットを見つけた時のルールが発火すると、Unity へとコマンド “Q” が送信され、課題が終了される（図 4a(7)）。なお、発表時には課題遂行のデモを実施する予定である。

4. 今後の課題

ACT-R (Common Lisp) 側、Unity 側の実装ともに、いくつかの課題が残されている。ACT-R 側の最も大きな課題として、モデルの頭（の動き）をつかさどる



(a) 課題中の Unity 画面の遷移

	Att	Loc	WIDTH	HEIGHT	VALUE	KIND	COLOR	SIZE
(1)	-LOCATION17	NIL	(211.49736 556.56366 64.82254)	118.69793	122.79925	"L28"	TEXT	WHITE 7381.75
	VISUAL-LOCATION8	NIL	(264.86618 363.79288 64.7403)	106.03536	98.081276	"L18"	TEXT	WHITE 5841.25
	VISUAL-LOCATION8	NIL	(387.50895 433.7039 69.06155)	16.626876	457.02863	"Line"	LINE	WHITE 2089.2699
	VISUAL-LOCATION6	T	(489.6657 375.9365 64.56255)	77.927444	79.97993	"L6"	TEXT	WHITE 3954.1199
	VISUAL-LOCATION2	T	(513.1856 512.47754 64.870575)	77.53544	81.62299	"L1"	TEXT	WHITE 3972.0798
	VISUAL-LOCATION15	NIL	(616.8204 473.09073 61.508442)	75.80885	80.94309	"L2"	TEXT	WHITE 4228.46
	VISUAL-LOCATION4	NIL	(656.30023 375.7178 60.22647)	75.149994	79.979904	"L5"	TEXT	WHITE 4293.34
	VISUAL-LOCATION9	NIL	(784.39984 414.01856 59.649223)	74.30919	80.18693	"L0"	TEXT	WHITE 4329.02
	VISUAL-LOCATION11	NIL	(898.9745 496.59598 61.704803)	75.771286	81.24512	"L4"	TEXT	WHITE 4209.7197
	VISUAL-LOCATION14	NIL	(961.84924 356.6888 62.65773)	76.95267	79.97995	"L3"	TEXT	WHITE 4187.83
	VISUAL-LOCATION13	NIL	(1021.6991 475.7166 65.20392)	77.94999	80.98848	"L"	TEXT	WHITE 3931.64
	VISUAL-LOCATION1	NIL	(1122.4987 433.7039 69.06159)	16.625986	457.02863	"Line"	LINE	WHITE 2089.26
	VISUAL-LOCATIONS	NIL	(1264.4657 464.4546 64.577446)	118.47699	105.75929	"L7"	TEXT	WHITE 6375.42
	VISUAL-LOCATION18	NIL	(1421.6257 325.5683 61.736183)	150.82822	119.81207	"T"	TEXT	WHITE 8950.35
	VISUAL-LOCATION16	NIL	(1459.563 586.7164 62.68922)	161.82921	149.98604	"L11"	TEXT	WHITE 10483.49
(2)	-LOCATION17	NIL	(211.49736 556.56366 64.82254)	118.69793	122.79925	"L28"	TEXT	WHITE 7381.75
	VISUAL-LOCATION8	NIL	(264.86618 363.79288 64.7403)	106.03536	98.081276	"L18"	TEXT	WHITE 5841.25
	VISUAL-LOCATION8	NIL	(387.50895 433.7039 69.06155)	16.626876	457.02863	"Line"	LINE	WHITE 2089.2699
	VISUAL-LOCATION6	T	(489.6657 375.9365 64.56255)	77.927444	79.97993	"L6"	TEXT	WHITE 3954.1199
	VISUAL-LOCATION2	T	(513.1856 512.47754 64.870575)	77.53544	81.62299	"L1"	TEXT	WHITE 3972.0798
	VISUAL-LOCATION15	NIL	(616.8204 473.09073 61.508442)	75.80885	80.94309	"L2"	TEXT	WHITE 4228.46
	VISUAL-LOCATION4	NIL	(656.30023 375.7178 60.22647)	75.149994	79.979904	"L5"	TEXT	WHITE 4293.34
	VISUAL-LOCATION9	NIL	(784.39984 414.01856 59.649223)	74.30919	80.18693	"L0"	TEXT	WHITE 4329.02
	VISUAL-LOCATION11	NIL	(898.9745 496.59598 61.704803)	75.771286	81.24512	"L4"	TEXT	WHITE 4209.7197
	VISUAL-LOCATION14	NIL	(961.84924 356.6888 62.65773)	76.95267	79.97995	"L3"	TEXT	WHITE 4187.83
	VISUAL-LOCATION13	NIL	(1021.6991 475.7166 65.20392)	77.94999	80.98848	"L"	TEXT	WHITE 3931.64
	VISUAL-LOCATION1	NIL	(1122.4987 433.7039 69.06159)	16.625986	457.02863	"Line"	LINE	WHITE 2089.26
	VISUAL-LOCATIONS	NIL	(1264.4657 464.4546 64.577446)	118.47699	105.75929	"L7"	TEXT	WHITE 6375.42
	VISUAL-LOCATION18	NIL	(1421.6257 325.5683 61.736183)	150.82822	119.81207	"T"	TEXT	WHITE 8950.35
	VISUAL-LOCATION16	NIL	(1459.563 586.7164 62.68922)	161.82921	149.98604	"L11"	TEXT	WHITE 10483.49
(3)	-LOCATION17	NIL	(211.49736 556.56366 64.82254)	118.69793	122.79925	"L28"	TEXT	WHITE 7381.75
	VISUAL-LOCATION8	NIL	(264.86618 363.79288 64.7403)	106.03536	98.081276	"L18"	TEXT	WHITE 5841.25
	VISUAL-LOCATION8	NIL	(387.50895 433.7039 69.06155)	16.626876	457.02863	"Line"	LINE	WHITE 2089.2699
	VISUAL-LOCATION6	T	(489.6657 375.9365 64.56255)	77.927444	79.97993	"L6"	TEXT	WHITE 3954.1199
	VISUAL-LOCATION2	T	(513.1856 512.47754 64.870575)	77.53544	81.62299	"L1"	TEXT	WHITE 3972.0798
	VISUAL-LOCATION15	NIL	(616.8204 473.09073 61.508442)	75.80885	80.94309	"L2"	TEXT	WHITE 4228.46
	VISUAL-LOCATION4	NIL	(656.30023 375.7178 60.22647)	75.149994	79.979904	"L5"	TEXT	WHITE 4293.34
	VISUAL-LOCATION9	NIL	(784.39984 414.01856 59.649223)	74.30919	80.18693	"L0"	TEXT	WHITE 4329.02
	VISUAL-LOCATION11	NIL	(898.9745 496.59598 61.704803)	75.771286	81.24512	"L4"	TEXT	WHITE 4209.7197
	VISUAL-LOCATION14	NIL	(961.84924 356.6888 62.65773)	76.95267	79.97995	"L3"	TEXT	WHITE 4187.83
	VISUAL-LOCATION13	NIL	(1021.6991 475.7166 65.20392)	77.94999	80.98848	"L"	TEXT	WHITE 3931.64
	VISUAL-LOCATION1	NIL	(1122.4987 433.7039 69.06159)	16.625986	457.02863	"Line"	LINE	WHITE 2089.26
	VISUAL-LOCATIONS	NIL	(1264.4657 464.4546 64.577446)	118.47699	105.75929	"L7"	TEXT	WHITE 6375.42
	VISUAL-LOCATION18	NIL	(1421.6257 325.5683 61.736183)	150.82822	119.81207	"T"	TEXT	WHITE 8950.35
	VISUAL-LOCATION16	NIL	(1459.563 586.7164 62.68922)	161.82921	149.98604	"L11"	TEXT	WHITE 10483.49
(4)	-LOCATION17	NIL	(211.49736 556.56366 64.82254)	118.69793	122.79925	"L28"	TEXT	WHITE 7381.75
	VISUAL-LOCATION8	NIL	(264.86618 363.79288 64.7403)	106.03536	98.081276	"L18"	TEXT	WHITE 5841.25
	VISUAL-LOCATION8	NIL	(387.50895 433.7039 69.06155)	16.626876	457.02863	"Line"	LINE	WHITE 2089.2699
	VISUAL-LOCATION6	T	(489.6657 375.9365 64.56255)	77.927444	79.97993	"L6"	TEXT	WHITE 3954.1199
	VISUAL-LOCATION2	T	(513.1856 512.47754 64.870575)	77.53544	81.62299	"L1"	TEXT	WHITE 3972.0798
	VISUAL-LOCATION15	NIL	(616.8204 473.09073 61.508442)	75.80885	80.94309	"L2"	TEXT	WHITE 4228.46
	VISUAL-LOCATION4	NIL	(656.30023 375.7178 60.22647)	75.149994	79.979904	"L5"	TEXT	WHITE 4293.34
	VISUAL-LOCATION9	NIL	(784.39984 414.01856 59.649223)	74.30919	80.18693	"L0"	TEXT	WHITE 4329.02
	VISUAL-LOCATION11	NIL	(898.9745 496.59598 61.704803)	75.771286	81.24512	"L4"	TEXT	WHITE 4209.7197
	VISUAL-LOCATION14	NIL	(961.84924 356.6888 62.65773)	76.95267	79.97995	"L3"	TEXT	WHITE 4187.83
	VISUAL-LOCATION13	NIL	(1021.6991 475.7166 65.20392)	77.94999	80.98848	"L"	TEXT	WHITE 3931.64
	VISUAL-LOCATION1	NIL	(1122.4987 433.7039 69.06159)	16.625986	457.02863	"Line"	LINE	WHITE 2089.26
	VISUAL-LOCATIONS	NIL	(1264.4657 464.4546 64.577446)	118.47699	105.75929	"L7"	TEXT	WHITE 6375.42
	VISUAL-LOCATION18	NIL	(1421.6257 325.5683 61.736183)	150.82822	119.81207	"T"	TEXT	WHITE 8950.35
	VISUAL-LOCATION16	NIL	(1459.563 586.7164 62.68922)	161.82921	149.98604	"L11"	TEXT	WHITE 10483.49
(5)	-LOCATION172	NIL	(59.70935 541.4592 61.704803)	161.3049	143.15778	"L4"	TEXT	WHITE 18355.8
	VISUAL-LOCATION176	NIL	(191.25613 350.54413 62.65773)	125.51577	106.09916	"L3"	TEXT	WHITE 7376.42
	VISUAL-LOCATION175	NIL	(279.38594 498.00245 65.20392)	104.00284	106.531136	"L"	TEXT	WHITE 6058.6396
	VISUAL-LOCATION167	NIL	(395.02036 433.4219 69.06159)	16.45417	456.04858	"Line"	LINE	WHITE 1987.76
	VISUAL-LOCATION165	T	(512.68335 450.19226 64.577446)	76.45153	79.413216	"L7"	TEXT	WHITE 3969.92
	VISUAL-LOCATION170	NIL	(605.12354 341.27576 61.736183)	74.87459	78.782776	"T"	TEXT	WHITE 4065.3198
	VISUAL-LOCATION177	T	(623.3627 520.44556 62.69922)	74.70664	80.88837	"L11"	TEXT	WHITE 4043.3098
	VISUAL-LOCATION166	NIL	(730.8448 381.1674 60.01876)	79.21125	82.0847397	"L"	TEXT	WHITE 3669.24
	VISUAL-LOCATION168	NIL	(854.133 460.02988 61.153828)	74.21721	79.708084	"L8"	TEXT	WHITE 4136.5
	VISUAL-LOCATION173	NIL	(900.6659 332.50876 61.694763)	75.0383	79.17767	"L6"	TEXT	WHITE 4093.24
	VISUAL-LOCATION174	NIL	(1004.5421 477.70236 65.12664)	76.99425	80.323784	"L"	TEXT	WHITE 3973.7898
	VISUAL-LOCATION169	NIL	(1022.6183 341.85 65.244644)	77.25535	79.24547	"L14"	TEXT	WHITE 3838.88
	VISUAL-LOCATION171	NIL	(1118.7295 433.1428 69.41961)	12.086595	453.68317	"Line"	LINE	WHITE 1452.48
(6)	-LOCATION172	NIL	(59.70935 541.4592 61.704803)	161.3049	143.15778	"L4"	TEXT	WHITE 18355.8
	VISUAL-LOCATION176	NIL	(191.25613 350.54413 62.65773)	125.51577	106.09916	"L3"	TEXT	WHITE 7376.42
	VISUAL-LOCATION175	NIL	(279.38594 498.00245 65.20392)	104.00284	106.531136	"L"	TEXT	WHITE 6058.6396
	VISUAL-LOCATION167	NIL	(395.02036 433.4219 69.06159)	16.45417	456.04858	"Line"	LINE	WHITE 1987.76
	VISUAL-LOCATION165	T	(512.68335 450.19226 64.577446)	76.45153	79.413216	"L7"	TEXT	WHITE 3969.92
	VISUAL-LOCATION170	T	(605.12354 341.27576 61.736183)	74.87459	78.782776	"T"	TEXT	WHITE 4065.3198
	VISUAL-LOCATION177	T	(623.3627 520.44556 62.69922)	74.70664	80.88837	"L11"	TEXT	WHITE 4043.3098
	VISUAL-LOCATION166	NIL	(730.8448 381.1674 60.01876)	79.21125	82.0847397	"L"	TEXT	WHITE 3669.24
	VISUAL-LOCATION168	NIL	(854.133 460.02988 61.153828)	74.21721	79.708084	"L8"	TEXT	WHITE 4136.5
	VISUAL-LOCATION173	NIL	(900.6659 332.50876 61.694763)	75.0383	79.17767	"L6"	TEXT	WHITE 4093.24
	VISUAL-LOCATION174	NIL	(1004.5421 477.70236 65.12664)	76.99425	80.323784	"L"	TEXT	WHITE 3973.7898
	VISUAL-LOCATION169	NIL	(1022.6183 341.85 65.244644)	77.25535	79.24547	"L14"	TEXT	WHITE 3838.88
	VISUAL-LOCATION171	NIL	(1118.7295 433.1428 69.41961)	12.086595	453.68317	"Line"	LINE	WHITE 1452.48

(b) 課題中の visicon の遷移

図 4: 課題中のゲーム画面とモデルの visicon の流れ: (a) と (b) の中の番号は対応しているが、(4) の visicon は頭の回転の直前のものである。

モジュールを作成する必要がある。この head module は、注意を移動させる対象の位置に基づき、vision module と共同して、適切に頭と眼球の動きを決定できるように、関連する知見に基づき設定されるべきである。合わせて、刺激の位置の情報の表象をどのようにすべきか、という問題がある。これまで、視野内の 2 次元的情報 (x 座標, y 座標) に基づき位置が表象化されていたが、3 次元空間に散らばる情報を見える範囲を変更させながら観察していく場合、視野における x 座標, y 座標だけでは、異なる対象が同一の位置にあるとされてしまう。しかしながら、我々は頭を動かした後に、視野内では同一の位置に物体があったとしても、3 次元空間内では異なる位置にある物体としてエンコードしている。そのため、位置情報の表象化に

については再考が必要である。例えば、頭の角度と一緒に表象化する、空間内の座標で表象化するなどの方法があるが、その場合もどこを中心にするか等の課題が残る。さらに、頭を動かさずとも目を動かすことで視野の変化が生じるため、現在の vision module を拡張し、そのような変化に対応させる必要がある。

また、Unity 側の実装にも改良は必要である。現在は頭の回転のみであるが、今後、歩行等の移動を実装した場合、前から観察していた対象に回り込み後ろから観察する、というように複数の側面の観察が可能となる。この時、対象が見る方向により異なる値を持つ場合、現在の情報の付与では値を 1 つしか与えられないため対応できない。合わせて、リアルタイムでのシミュレーションにしか対応できていない点も問題

である。ACT-R は実時間とは異なる速さで高速のシミュレーションを行うことができる。このとき、実時間では通信が一定の周期で起こるとは限らない。そのため、Unity との時間の同期を正確に取るメカニズムが必要である。

5. まとめ

いくつかの問題は残るものの、本研究で構築した環境により、ACT-R と Unity の基本的な通信部分を実装することができた。また、やりとりする情報を簡単に拡張することができるように実装しており、ACT-R を用いた、3次元空間におけるシミュレーションを簡易に行うことが可能である。今後は、コードを公開し、多人数の利用を通じた共同での改良も進めていく。

文献

- [1] Kieras, D. E., & Hornof, A. J., (2014, April) “Towards accurate and practical predictive models of active-vision-based visual search”, In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 3875-3884).
- [2] Ehret, B. D., (2002, April) “Learning where to look: Location learning in graphical user interfaces”, In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 211-218).
- [3] Anderson, J. R., (2009) “*How can the human mind occur in the physical universe?*” Oxford University Press.
- [4] 夏目達也, 柴田史久, 木村朝子, (2021) “VR 空間操作コマンドとしてのアイジェスチャ UI 特性分析 (4) 並列型アイジェスチャの UI 特性分析 ” 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (*HCI*), pp. 1-8.
- [5] Cheok, M. J., Omar, Z., & Jaward, M. H., (2019) “A review of hand gesture and sign language recognition techniques”, *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, Vol. 10, No.1, pp. 131-153.
- [6] Smart, P. R., Scutt, T., Sycara, K., & Shadbolt, N. R., (2016) “Integrating ACT-R cognitive models with the Unity game engine”, In *Integrating cognitive architectures into virtual character design* (pp. 35-64). IGI Global.
- [7] Fang, Y., Nakashima, R., Matsumiya, K., Kuriki, I., & Shioiri, S., (2015) “Eye-head coordination for visual cognitive processing”, *PloS one*, Vol. 10, No. 3, e0121035.