箱庭ドローンシミュレータ 利用編

Windows環境の利用セットアップと動作検証

組込みシステム技術協会 ドローンWG

2024年05月09日

目次

用語集・改版履歴

略語	用語	意味

No	日付	版数	変更種別	変更内容
1	2024/05/02	0.1	新規	新規作成
2	2024/05/05	0.2	追加	Pythonシミュレータ部分の追加
3	2024/05/09	1.0	変更	図の変更、正式版リリース

1. 本ドキュメントについて

本ドキュメントは、箱庭ドローンシミュレータ上で、実空間でのドローン飛行に近づけるように、ドローンの飛行に必要になる要素を、事前準備編でインストールした各要素を使って、箱庭シミュレータハブエンジン上で表現し、ドローン飛行にあたっての安全性の検証、ドローンと他の機器との連携によるサービス検証をするために、箱庭ドローンシミュレータのインストールと実際の箱庭ドローンシミュレータでのドローン飛行の利用方法に関してのドキュメントとなります。

1.1. Windows環境上での箱庭ドローンシミュレータ環境の準備について

事前準備編でインストールした各要素にドローン飛行のシミュレーションに必要な機能をインストールする必要があります。インストールにあたっては、前提知識として、Linux OSのオペレーションができることや、gitコマンドを利用したダウンロード、ソフトウェアのコンパイルなどソフトウェア開発に関する知識が必要になります。

1.2. Windows環境へのセットアップ

箱庭ドローンシミュレータを動作させるために必要なソフトウェアをToppers 箱庭WGのGithubから入手して、コンパイルやインストールやWindows側のシステム設定などを実施します。

1.2.1. ドローンフライトコントローラのソフトウェア

事前準備編で準備したWSL2(Windows Subsystem for Linux)上に、箱庭ドローンシミュレータと連携する機能として、実際にドローンの機体で利用されているフライトコントローラのソフトウェアであるPX4を導入して、箱庭ドローンシミュレータと連携させます。

PX4は、オープンソースで開発されたドローン(UAV：無人航空機)向けのフライト制御を行うためのソフトウェアです。

PX4:Open Source Autopilot

PX4 Github

1.2.2. ドローンフライトコントローラのソフトウェア導入

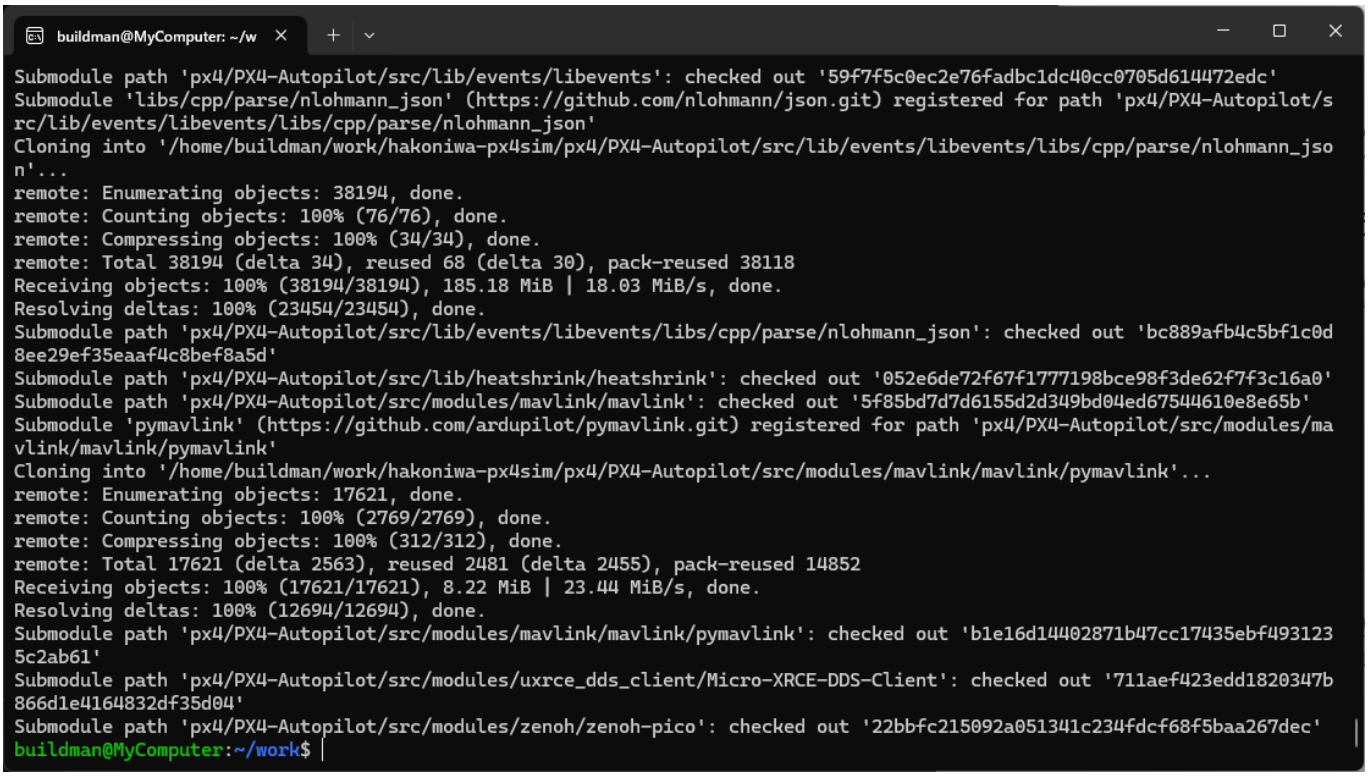
以下の箱庭ドローンシミュレータのドキュメントに従って、ソフトウェアの導入をします。

箱庭ドローンシミュレータPX4導入手順

1.2.2.1. 箱庭ドローンシミュレータ用のPX4事前準備

WSL2のUbuntuを起動します。Ubuntuが起動したら、作業用のディレクトリを作成して、箱庭ドローンシミュレータ用のPX4をgithubから入手します。

```
$ mkdir work
$ cd work
$ git clone --recursive https://github.com/toppers/hakoniwa-px4sim.git
```



githubからの入手が完了したら、コンパイルの事前準備をします。PX4自体は、実機のドローンで飛ばすためのもののため、箱庭ドローンシミュレータ用に設定を変更する必要があります。

```
$ cd ~/work/hakoniwa-px4sim/px4/
$ ls
PX4-Autopilot  README-ja.md  README.md  auto-test  docker  hakoniwa-apps  sim
```

ディレクトリの移動ができたら、以下のコマンドを実行して、箱庭ドローンシミュレータ用の設定ファイルをコピーします。

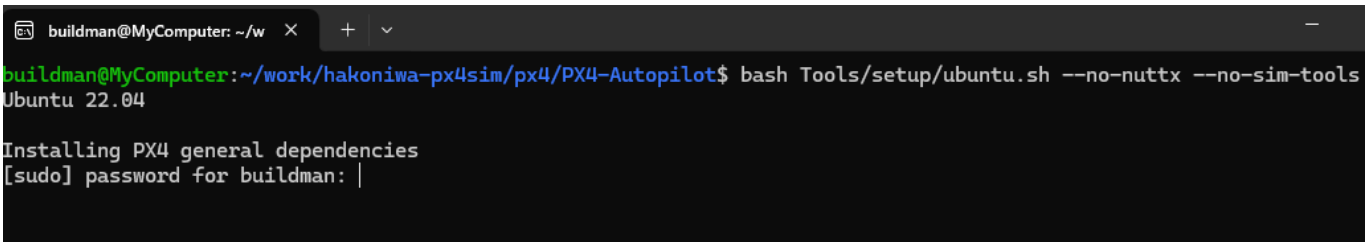
```
$ cp hakoniwa-apps/10016_none_iris PX4-Autopilot/ROMFS/px4fmu_common/init.d-posix/airframes/10016_none_iris
$ cp hakoniwa-apps/rcS PX4-Autopilot/ROMFS/px4fmu_common/init.d-posix/rcS
```

1.2.2.2. 箱庭ドローンシミュレータ用のPX4ビルド

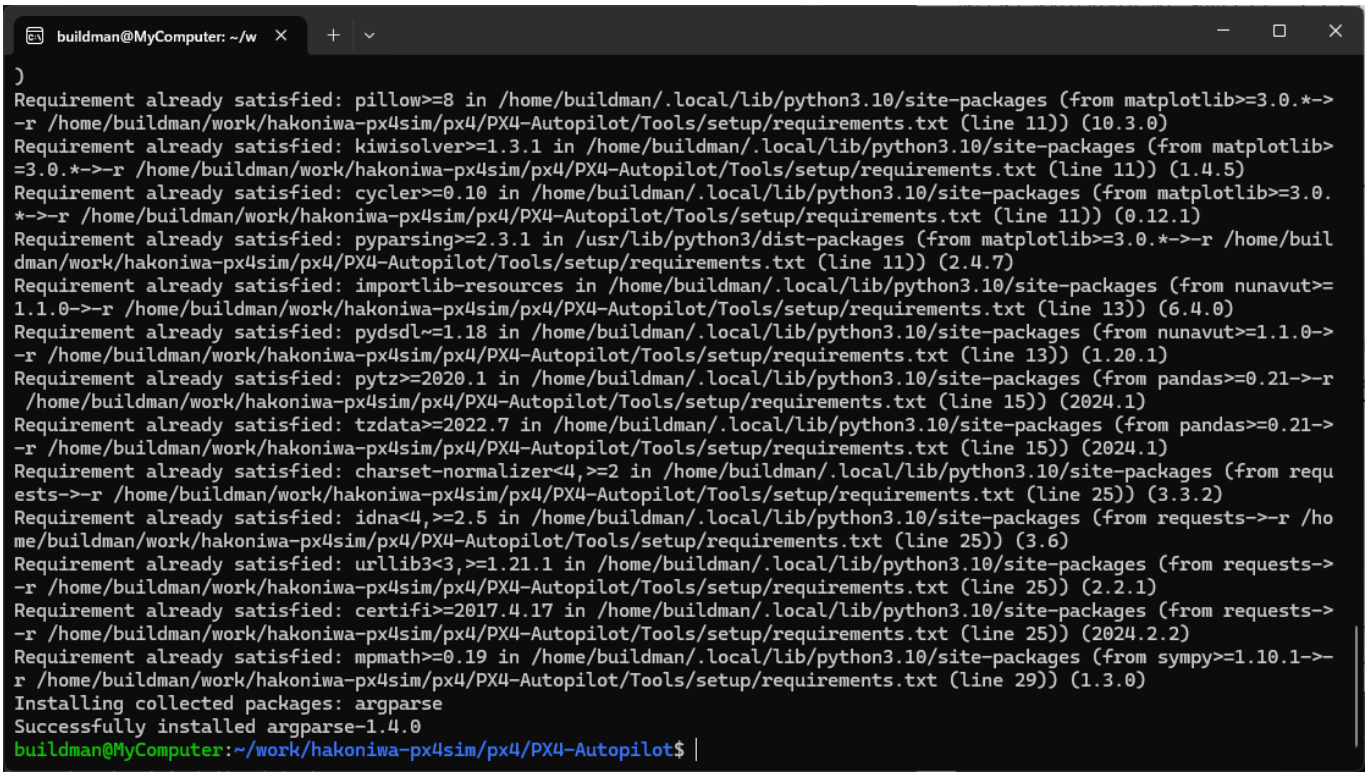
以下の手順を実行し、PX4をビルドします。

```
$ cd ~/work/hakoniwa-px4sim/px4/
$ cd PX4-Autopilot
$ bash Tools/setup/ubuntu.sh --no-nuttx --no-sim-tools
```

bash Tools/setup/ubuntu.sh --no-nuttx --no-sim-toolsを実行すると、root権限が必要になるため、パスワードが聞かれますので、アカウントのパスワードを入力してください。

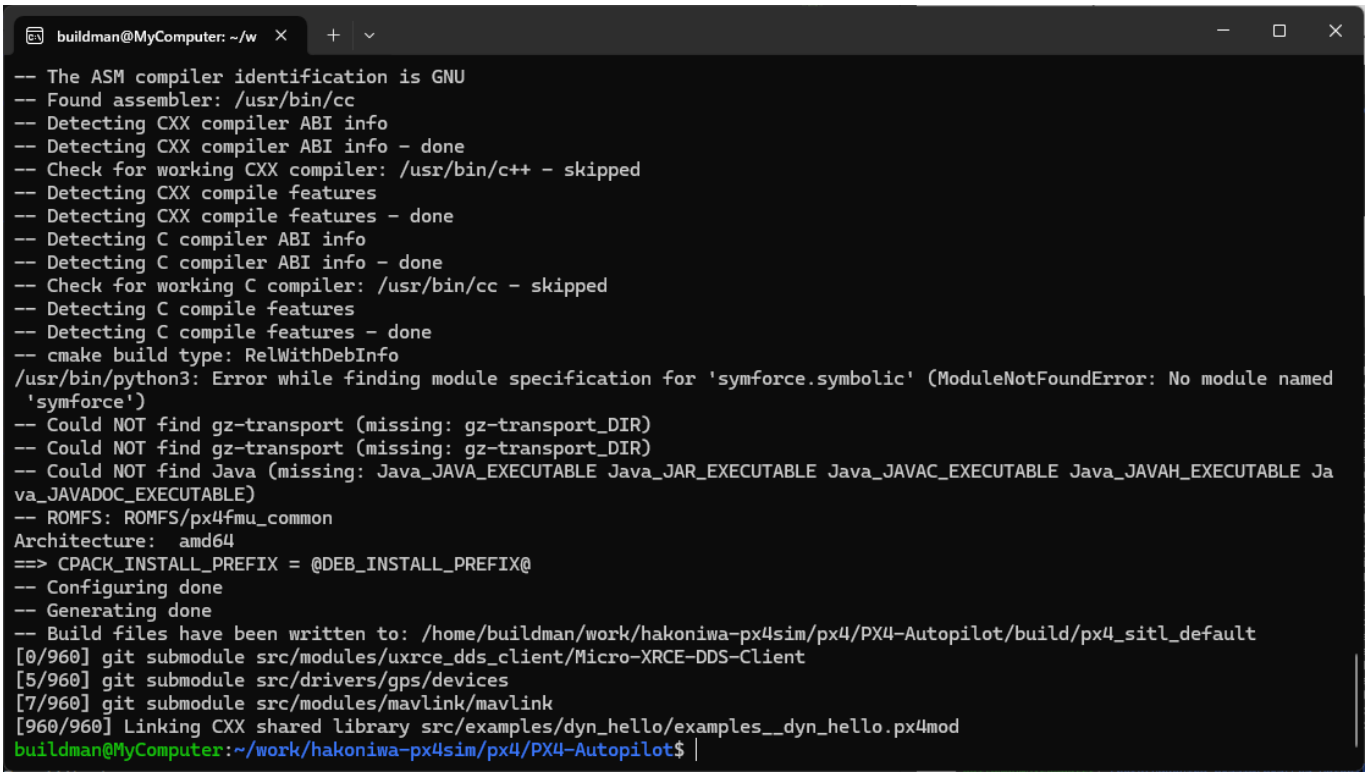


パスワードを入力すると、PX4のビルドに必要なパッケージがUnbutuに導入されます。



パッケージ導入が完了したら、makeコマンドにてビルドを実行します。

```
$ make px4_sitl_default
```

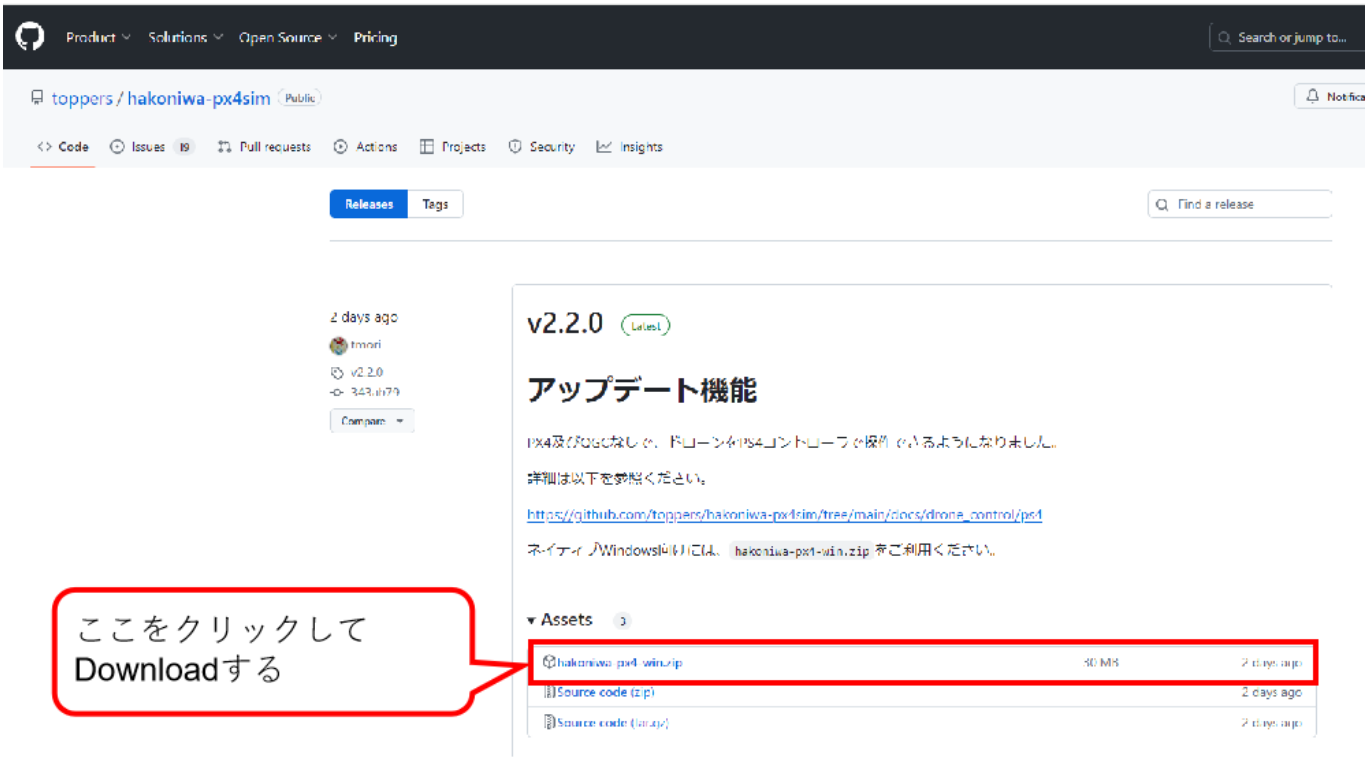


1.2.3. 箱庭ドローンシミュレータの導入

箱庭ドローンシミュレータ公式のgithubからWindows環境の箱庭ドローンシミュレータを入手します。

箱庭ドローンシミュレータ公式githubリリースページ

現状の最新版は、V2.3.0になっています。最新版がリリースされていれば最新版を利用してください。



ダウンロードが完了したら、zipファイルを解凍します。

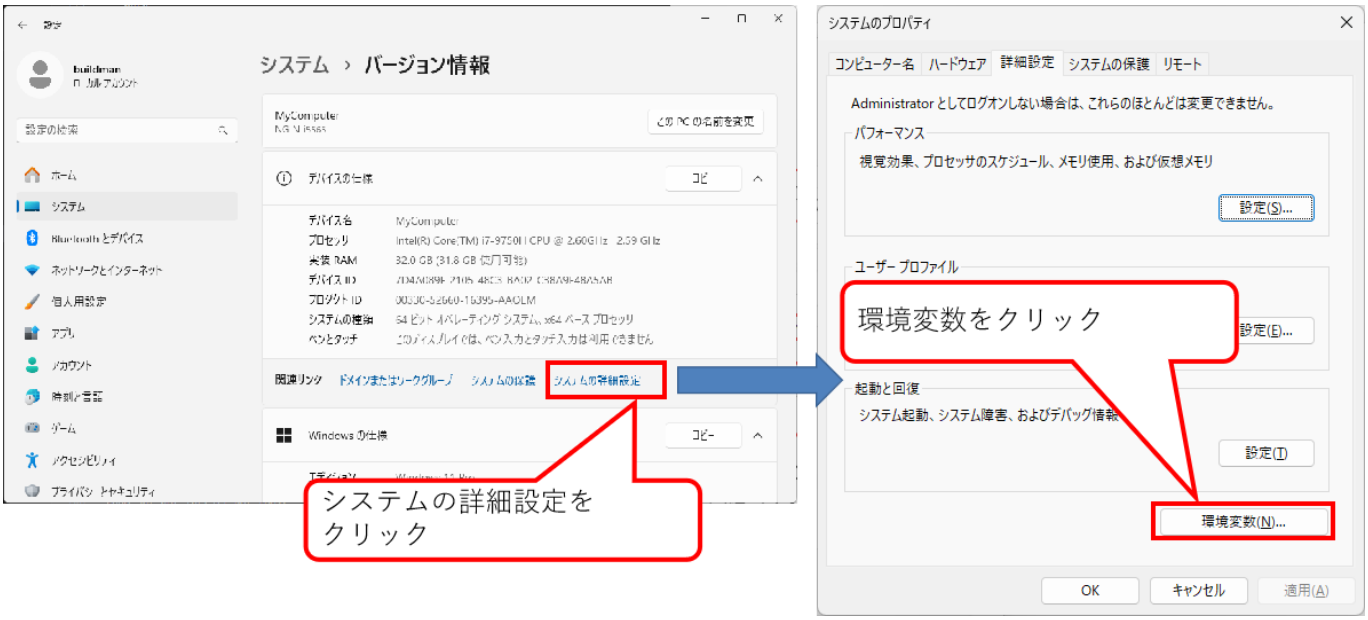
1.2.4. 箱庭ドローンシミュレータの環境設定

箱庭ドローンシミュレータをWindowsで利用する場合には、環境変数の設定や動作環境のパス設定などが必要になります。

1.2.4.1. 箱庭ドローンシミュレータ用のコンフィグパスの設定

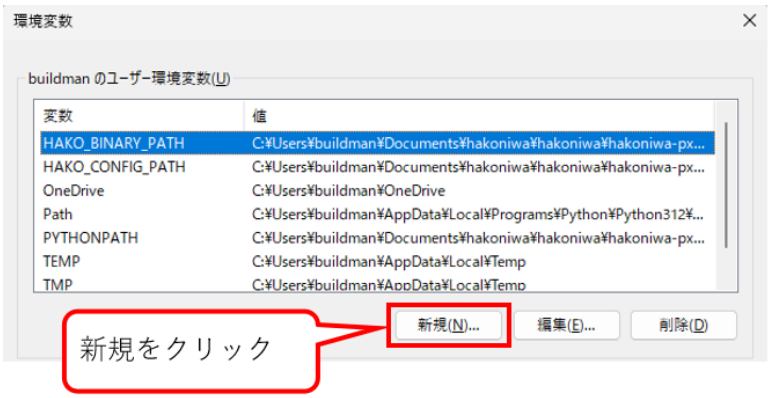
Windowsのスタートメニューを開いて、設定アイコンをクリックして、システムを開きます。システムの画面の一番下にあるバージョン情報をクリックします。

バージョン情報が開いたら、システムの詳細をクリックして、システムプロパティを開きます。システムプロパティが開いたら、一番下の環境変数(N)を開きます。



環境変数の画面が開いたら、以下の環境変数を設定します。パスの設定は、絶対パスでの設定が必要ですので、hakoniwa-px4-winを解凍したフォルダの絶対パスで設定してください。 今回の例は、buildmanというユーザのDocumentsフォルダに解凍した例を示しています。

No	環境変数名	設定内容(例)
1	HAKO_BINARY_PATH	C:\Users\buildman\Documents\hakoniwa-px4-win\hakoniwa\py\hako_binary\offset
2	HAKO_CONFIG_PATH	C:\Users\buildman\Documents\hakoniwa-px4-win\hakoniwa\config\cpp_core_config.json
3	PYTHONPATH	C:\Users\buildman\Documents\hakoniwa-px4-win\hakoniwa\py



変数名：HAKO_BINARY_PATH
設定値：C:¥Users¥buildman¥Documents¥hakoniwa-px4-win¥hakoniwa¥py¥hako_binary¥offset

変数名：HAKO_CONFIG_PATH
設定値：C:¥Users¥buildman¥Documents¥hakoniwa-px4-win¥hakoniwa¥config¥cpp_core_config.json

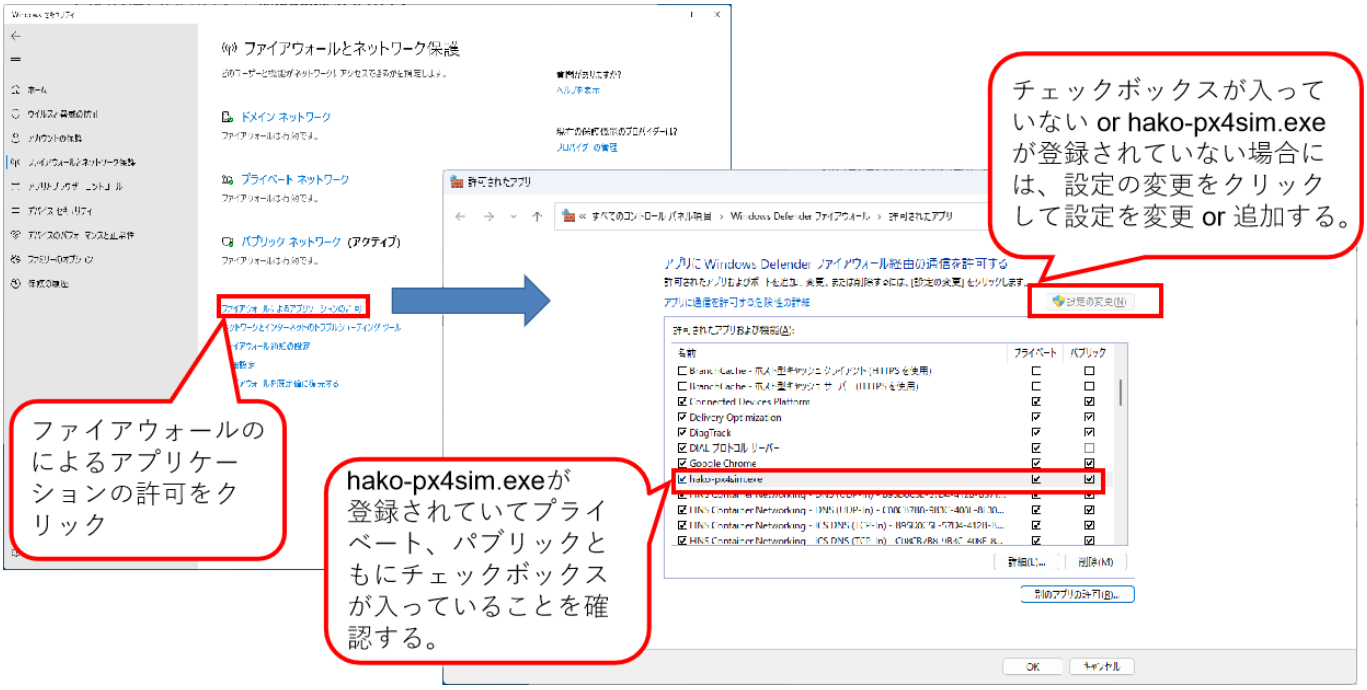
変数名：PYTHONPATH
設定値：C:¥Users¥buildman¥Documents¥hakoniwa-px4-win¥hakoniwa¥py

PYTHONPATHは、既に設定されている場合には、箱庭ドローンシミュレータ用のpythonパスを追加するようにしてください。

1.2.4.2. Windows ファイアウォールの回避

箱庭ドローンシミュレータは、各要素間で通信を行います。通信部分がWindowsのファイアウォール機能によって通信できない場合がある場合があるので、事前にファイアウォールの許可設定をしておくようにしましょう。

Windowsセキュリティを開いて、ファイアウォールとネットワーク保護をクリックします。クリックすると許可されたアプリの画面が開くので、hako-px4sim.exeが登録されているかを確認します。登録されていて、プライベート/パブリックのチェックボックスがONになっていれば問題ありません。 hako-px4sim.exeが登録されていない or プライベート/パブリックのチェックボックスがOFFになっている場合には、hako-px4sim.exeを登録してから、プライベート/パブリックのチェックボックスがONにする or プライベート/パブリックのチェックボックスがONにします。



1.3. 箱庭ドローンシミュレータを使った動作確認

ここまでの手順で、箱庭ドローンシミュレータを利用した各要素を使ったドローンシミュレータを動作させるための準備が整いました。ここからは、箱庭ドローンシミュレータを使った動作を確認していきたいと思います。

今回の手順では、以下の2つのパターンの動作確認ができます。

No	シミュレータ名	内容
1	PX4シミュレーション	実際のフライトコントローラのPX4とQGC(地上での機体制御)を組み合わせたUnity上でのドローン飛行のシミュレーション
2	Pythonシミュレーション	Pythonで作成したドローンパーツを組み合わせて、PS4(Play Station4)のコントローラなどでの飛行シミュレーション

それぞれの動作に関して、実際にやってみることにしましょう。

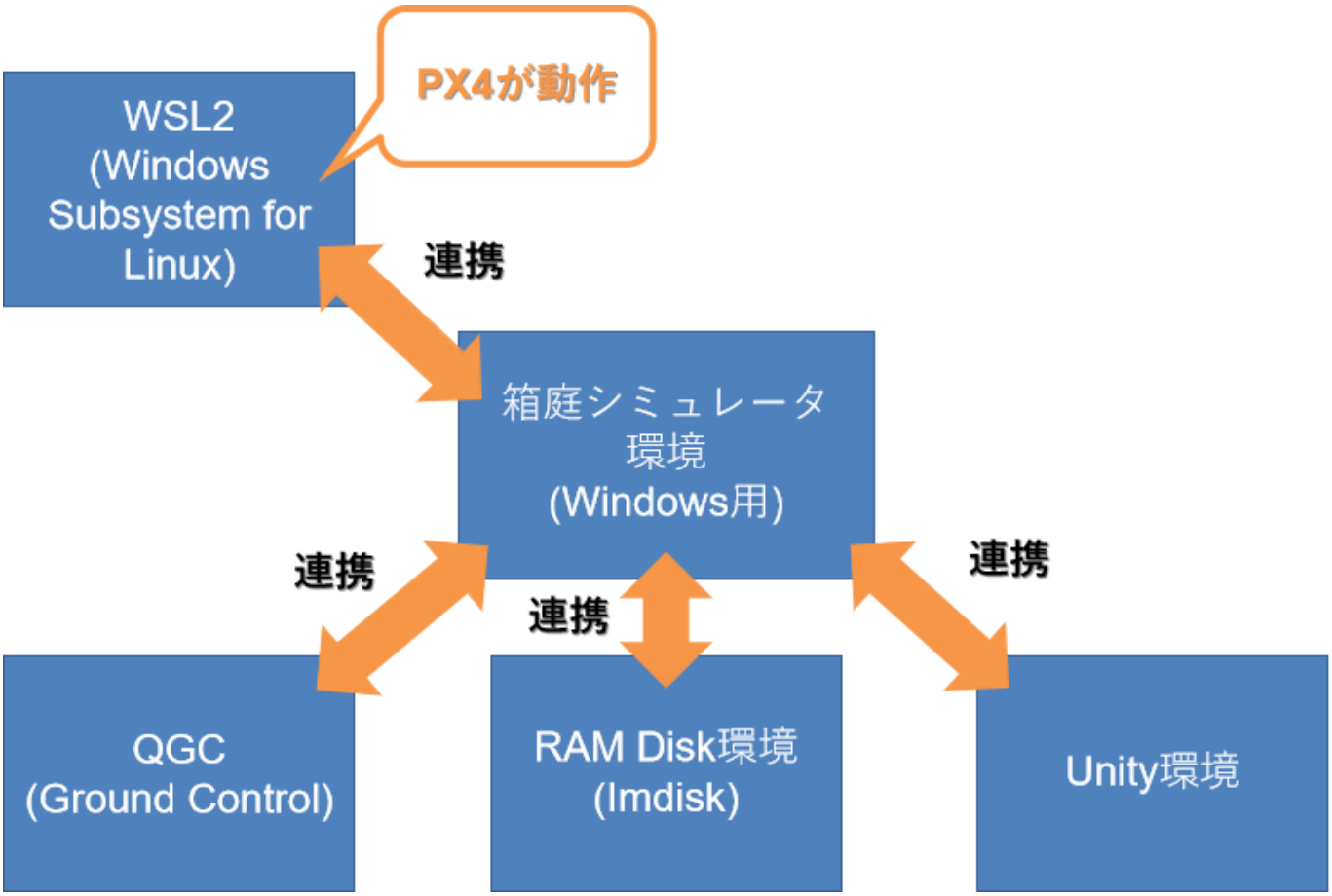
1.3.1. 箱庭のおさらい

ここで箱庭のおさらいをしておきたいと思います。箱庭は、箱庭そのものがシミュレータというより、各要素を連携させながら動作させるためのシミュレータハブエンジンです。イメージとしては、スイッチングハブ(もうちょっと頭が良いですが...)で、PC同士をを通信させることができるように、プロトコル(各要素同士が会話する言葉)が合っていれば、各要素毎を繋ぎ合わせて、連携できる仕組みだと思ってください。

1.4. PX4シミュレーション

PX4シミュレーションでは、各要素として以下のような要素を連携させて動作させることで、ドローンの飛行シミュレーションをすることができます。

No	要素名	内容
1	PX4	WSL2上でPX4フライトコントローラのソフトウェア部分
2	QGC	ドローンの機体を制御する地上側のコントローラ
3	RAM Disk	箱庭と各要素間でのデータ連携するためのメモリ
4	Unity環境	箱庭と各要素が連携した時のドローンの飛行状態を表示
5	箱庭ドローンシミュレータ	各要素間を連携動作させながら、各要素間のスケジューリングを制御



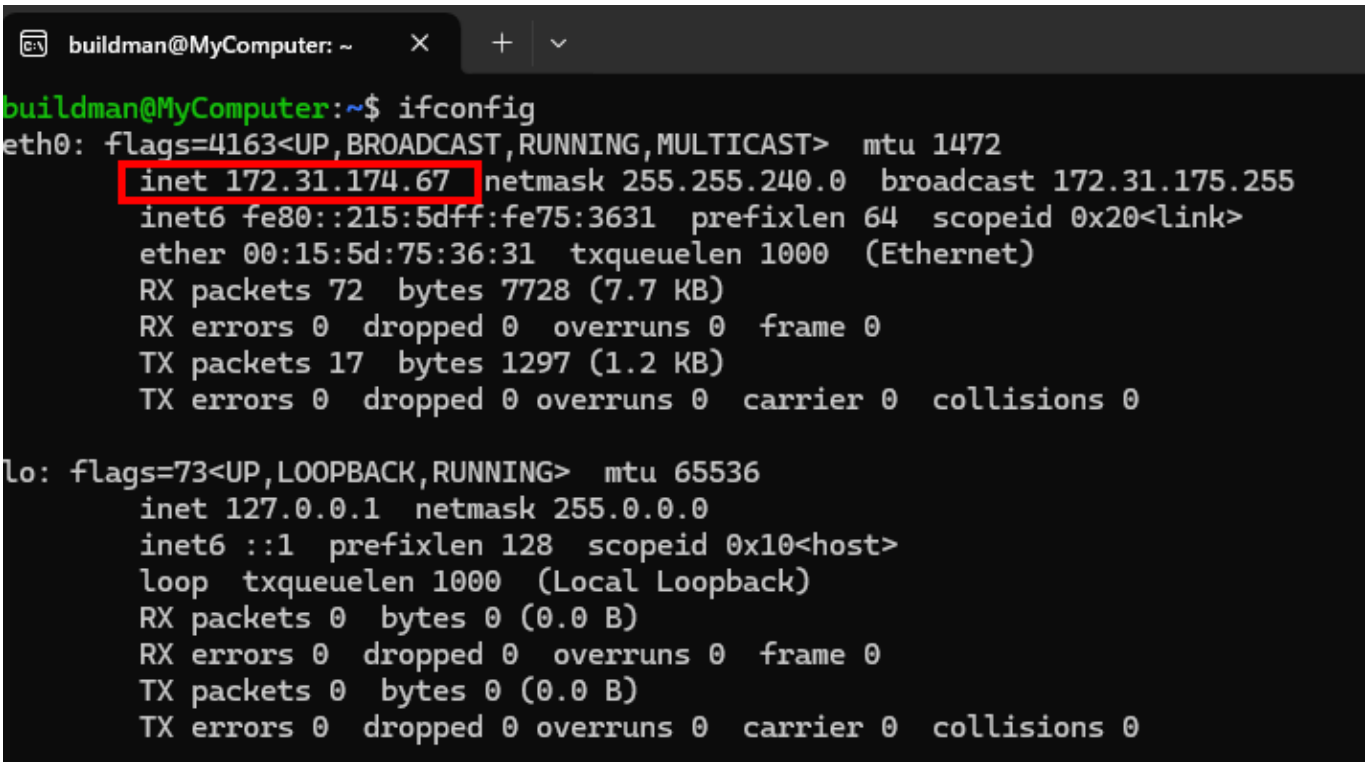
1.4.1. PX4の起動手順

最初にPX4フライトコントローラのソフトウェアを起動します。

1.4.1.1. PX4起動前の事前確認

各要素との連携をするために、PX4フライトコントローラのソフトウェアのIPアドレスを確認しておく必要があります。Unbutuを起動して、以下の手順で確認しておき、IPアドレスを確認しておいてください。

```
$ ifconfig
```



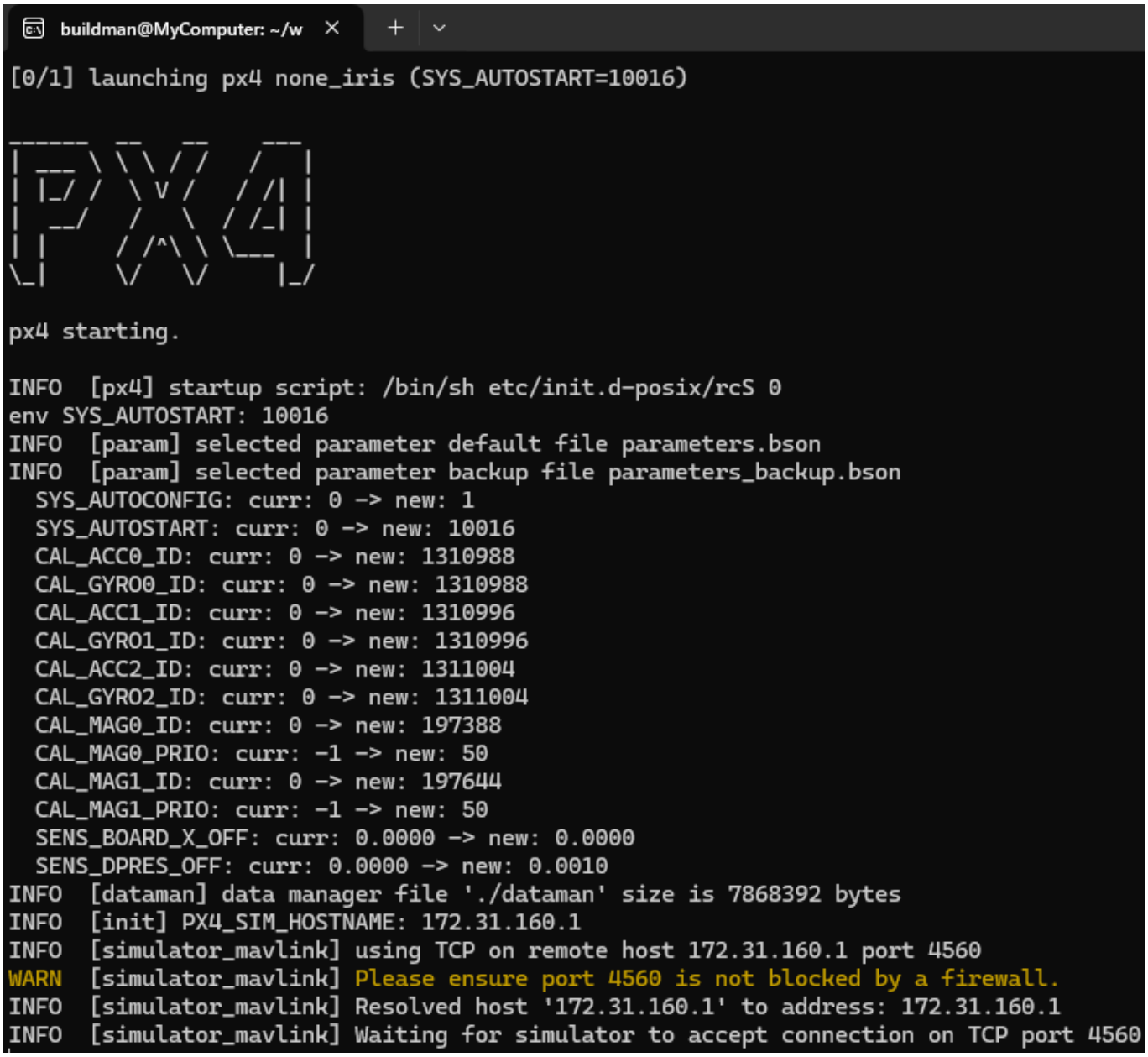
図の赤枠になっている部分が、IPアドレスです。どこかにメモをしておいてください。

1.4.1.2. PX4フライトコントローラのソフトウェア起動

箱庭ドローンシミュレータ用のPX4ビルド手順でビルドした場所からPX4フライトコントローラのソフトウェアを起動します。以下の手順は、参考手順ですので、自身の構築環境に合わせて対応をしてください。

```
$ cd ~/work/hakoniwa-px4sim/px4/PX4-Autopilot
$ bash ../sim/win-simstart.bash
```

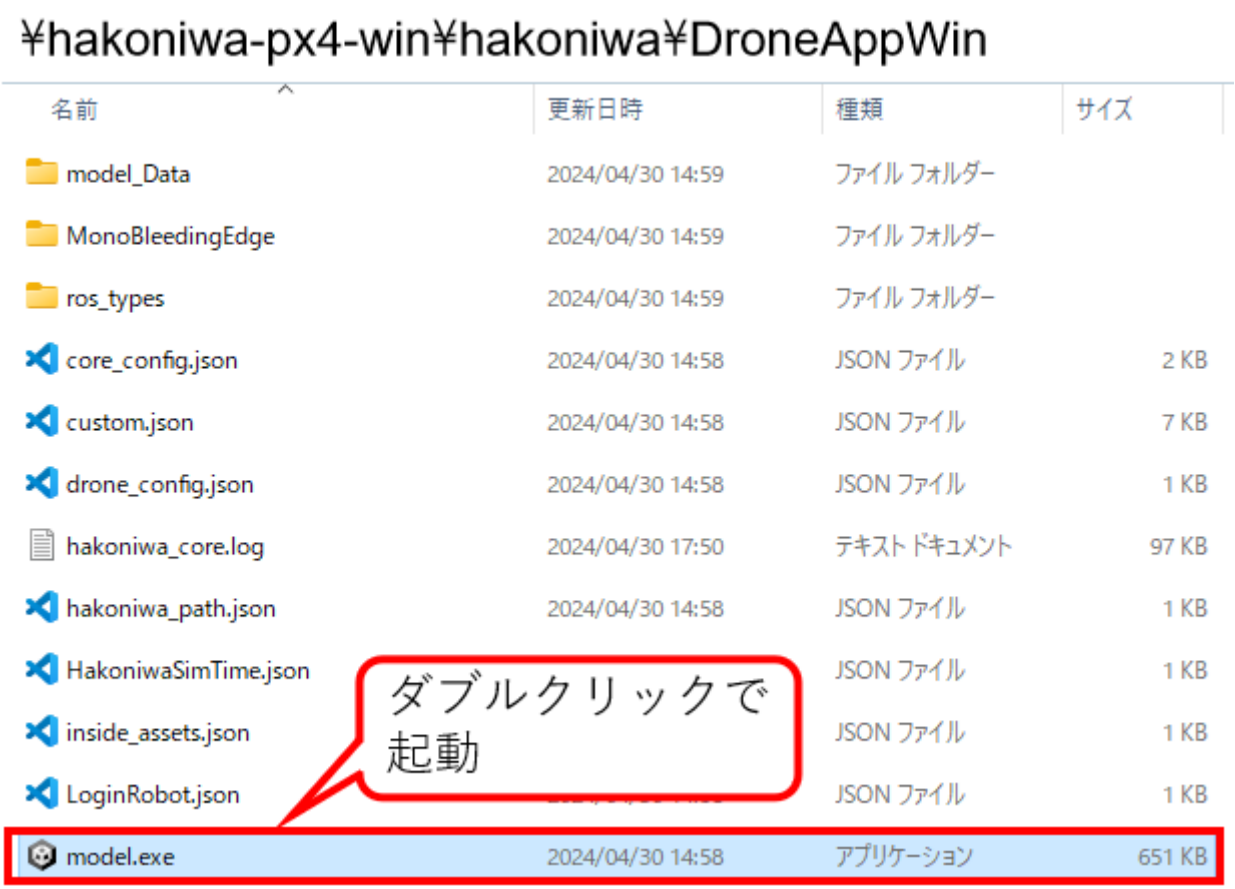
起動が正常にできると、以下のような画面で他の要素からの通信待ち状態になります。



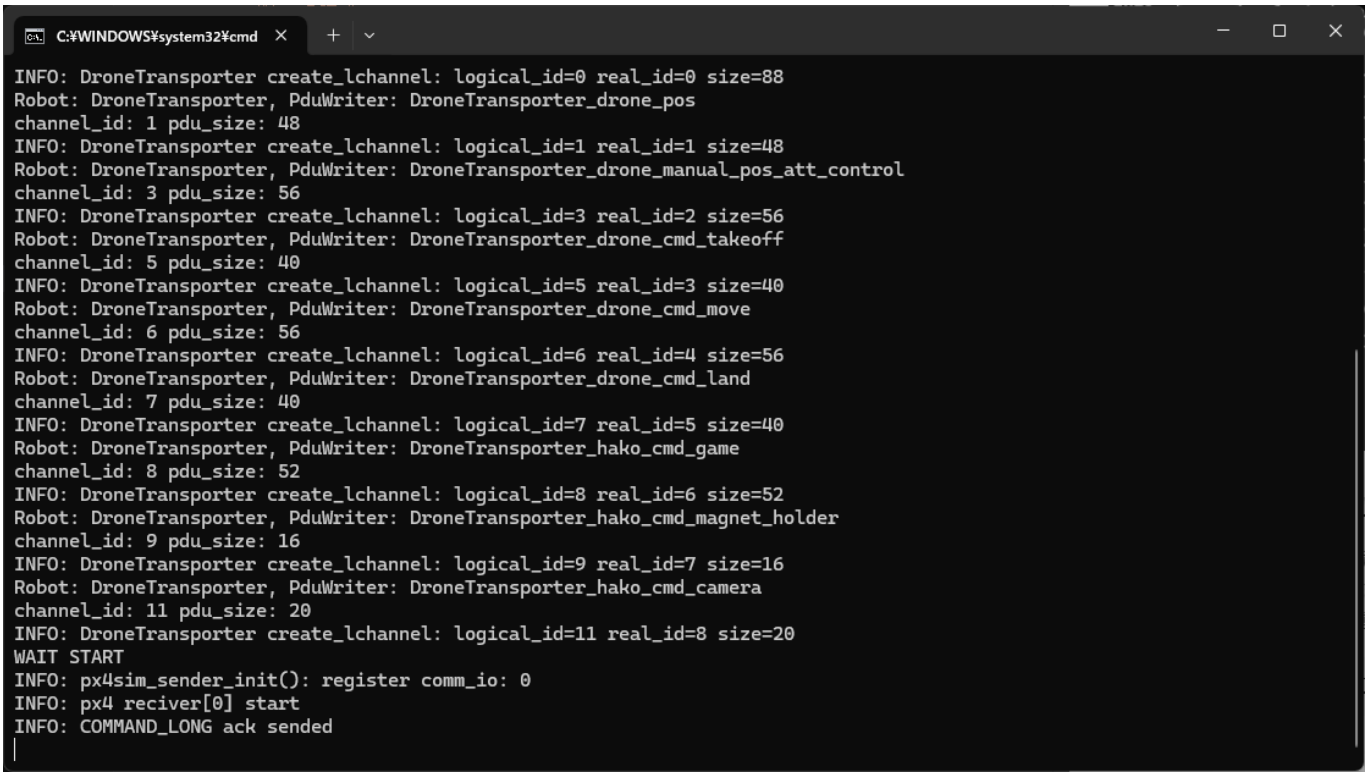
1.4.2. 箱庭ドローンシミュレータの起動

箱庭ドローンシミュレータを起動します。箱庭シミュレータは、Windows上で動作させるためのバッチファイルが用意されていますので、バッチファイルで起動します。hakoniwa-px4-win内の以下のパスにエクスプローラで移動して、run-win.batをダブルクリックして起動します。

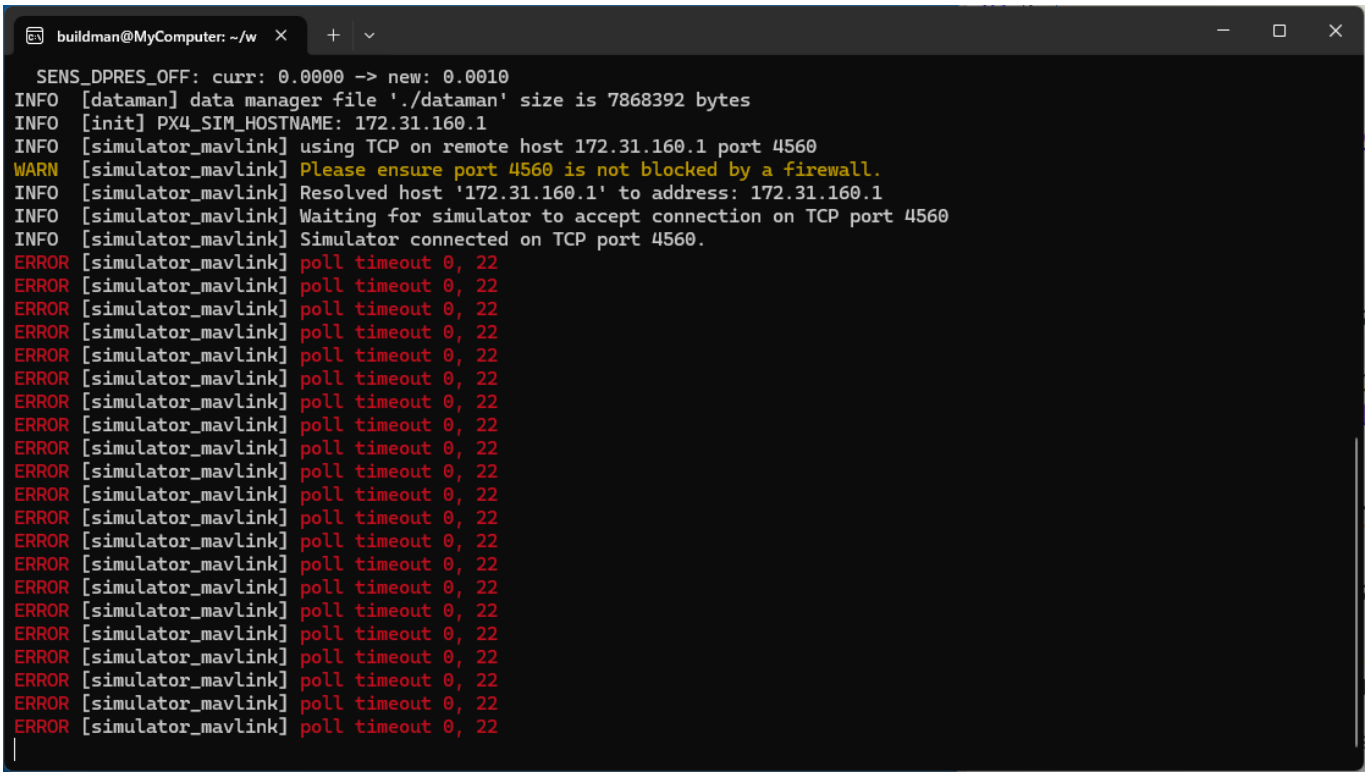
> 箱庭ドローンシミュレータの場所：\hakoniwa-px4-win\hakoniwa\bin



起動が正常にできると、以下のような画面で他の要素からのコマンド待ち状態になります。

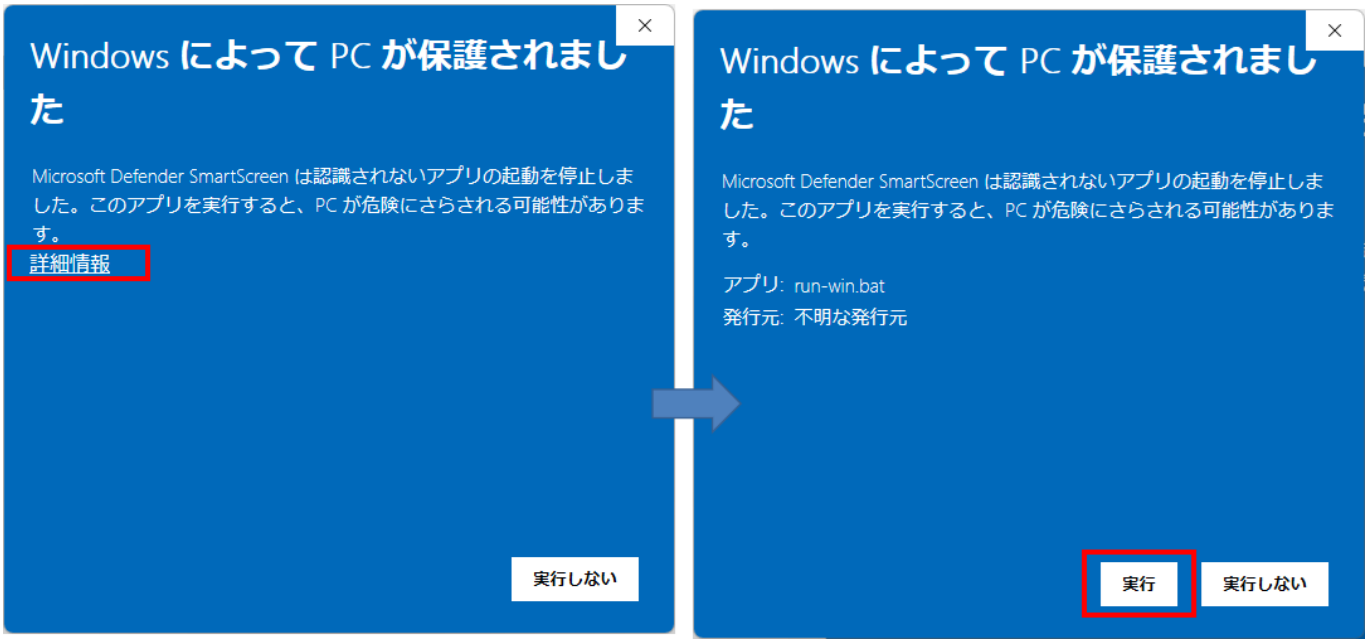


PX4の起動画面に”ERROR [simulator_mavlink] poll timeout 0, 22”が表示されますが、現時点では気にしなくて大丈夫です。



1.4.2.1. 箱庭ドローンシミュレータ起動時のトラブル1

Windows上で初めて起動すると、以下のようにWindowsで保護される可能性があります。この場合には、左側の詳細情報をクリックして、実行ボタンをクリックして起動してください。



1.4.2.2. 箱庭ドローンシミュレータ起動時のトラブル2

Windows Updateや環境設定などによって、WSL2の表記が違っており、箱庭ドローンシミュレータ起動用のrun-win.batが正常に動作しない場合があります。 この場合、動作させる環境に合わせて、バッチファイルを編集する必要があります。

コマンドプロンプトを開いて、WSL2のイーサーネットデバイス名を確認します。

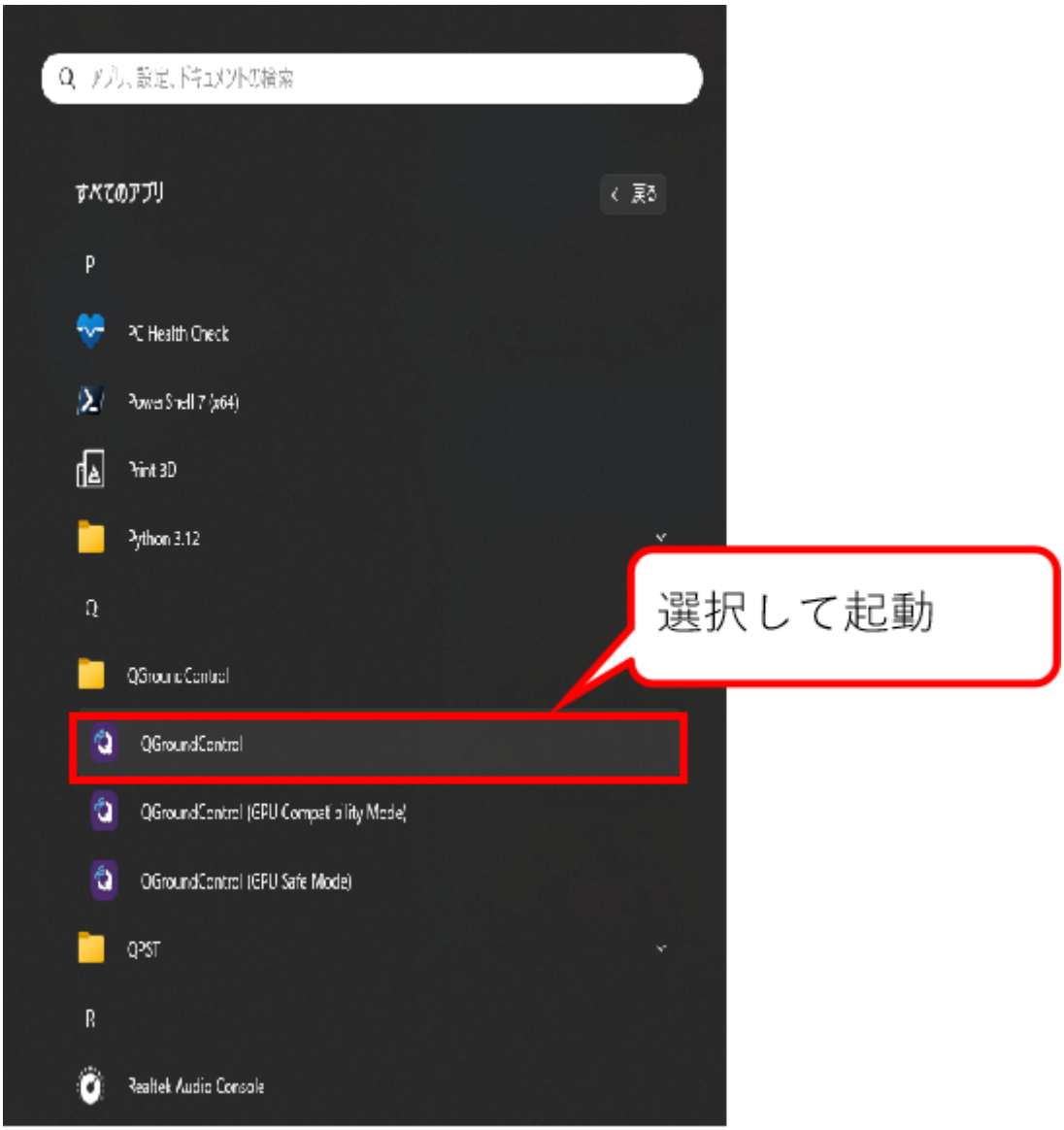
```
C:\Users\buildman> ipconfig
```

WSL2で使っているイーサネットデバイス名が表示されます。使っている環境に合わせて、run-win.batの内容を変更します。

変更箇所としては、run-win.bat内の:: WSL IPアドレスの取得となっている下の行にある"vEthernet (WSL (Hyper-V firewall))"のダブルクオートで括られているWSL2のイーサネットデバイス名をipconfigで表示された名前に変更します。

1.4.3. QGCの起動

QGC(QGroundControl)を起動します。Windowsスタートボタンから、QGroundControlのアプリケーションを起動します。



アプリケーションが起動したら、通信の設定を実施します。左上のQGroundControlアイコンをクリックします。クリックするとアプリケーションの真ん中にメニューが表示されます。メニューの中から、アプリケーション設定を選択します。

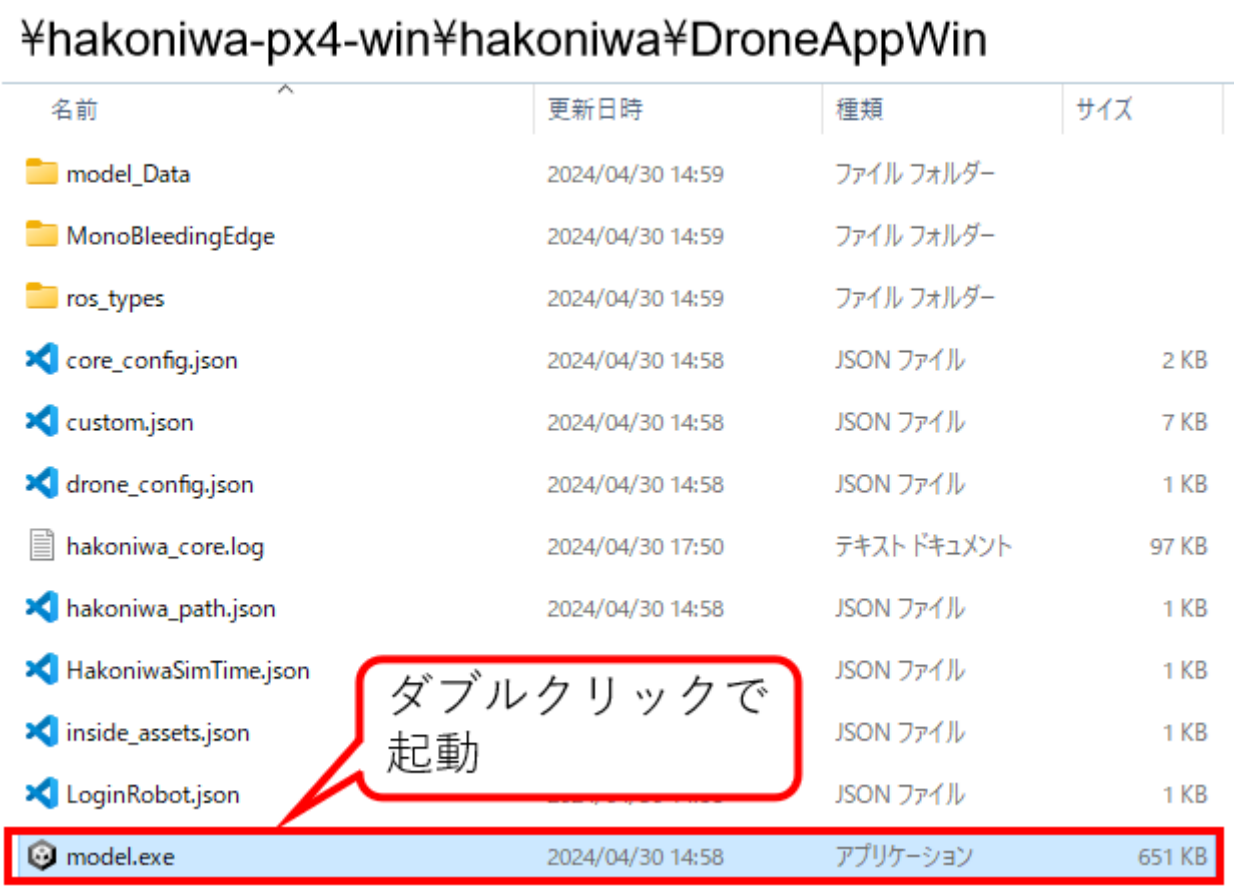
アプリケーション設定の通信リンクをクリックして、下にある追加をクリックします。リンク設定の編集画面が表示されるので、以下の設定値を設定して、OKをクリックしてください。

No	設定名	設定値
1	名前	hakoniwa
2	開始時に自動的に接続	チェックボックスにチェック
3	ポート	18570
4	サーバアドレス(オプション)	PX4起動前の事前確認で確認したIPアドレス

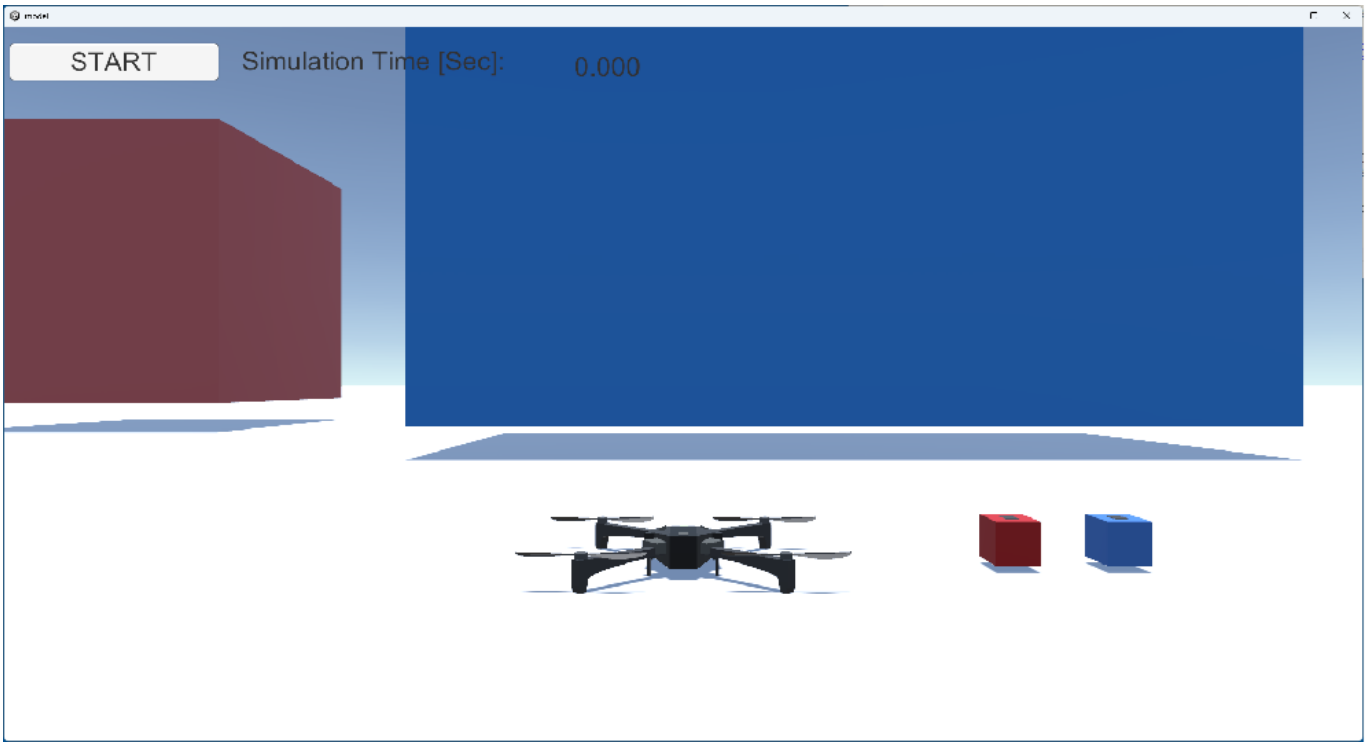
1.4.4. Unityのドローン機体モデルの起動

Unity上で動作させるドローン機体モデルを起動します。hakoniwa-px4-win内の以下のパスにエクスプローラで移動して、model.exeをダブルクリックして起動します。

> ドローン機体モデルの場所：`\hakoniwa-px4-win\hakoniwa\DroneAppWin`

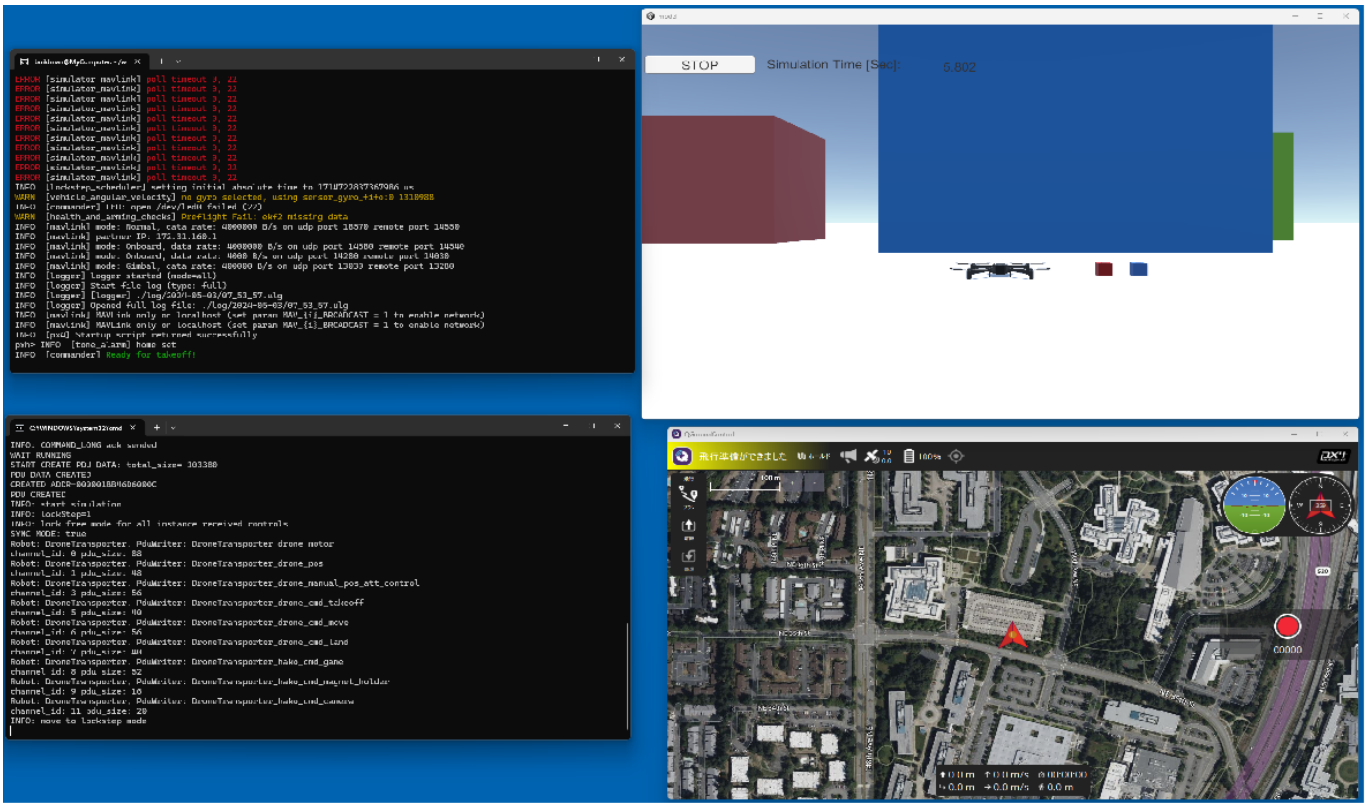


起動するとUnityのドローン機体モデルが表示されます。



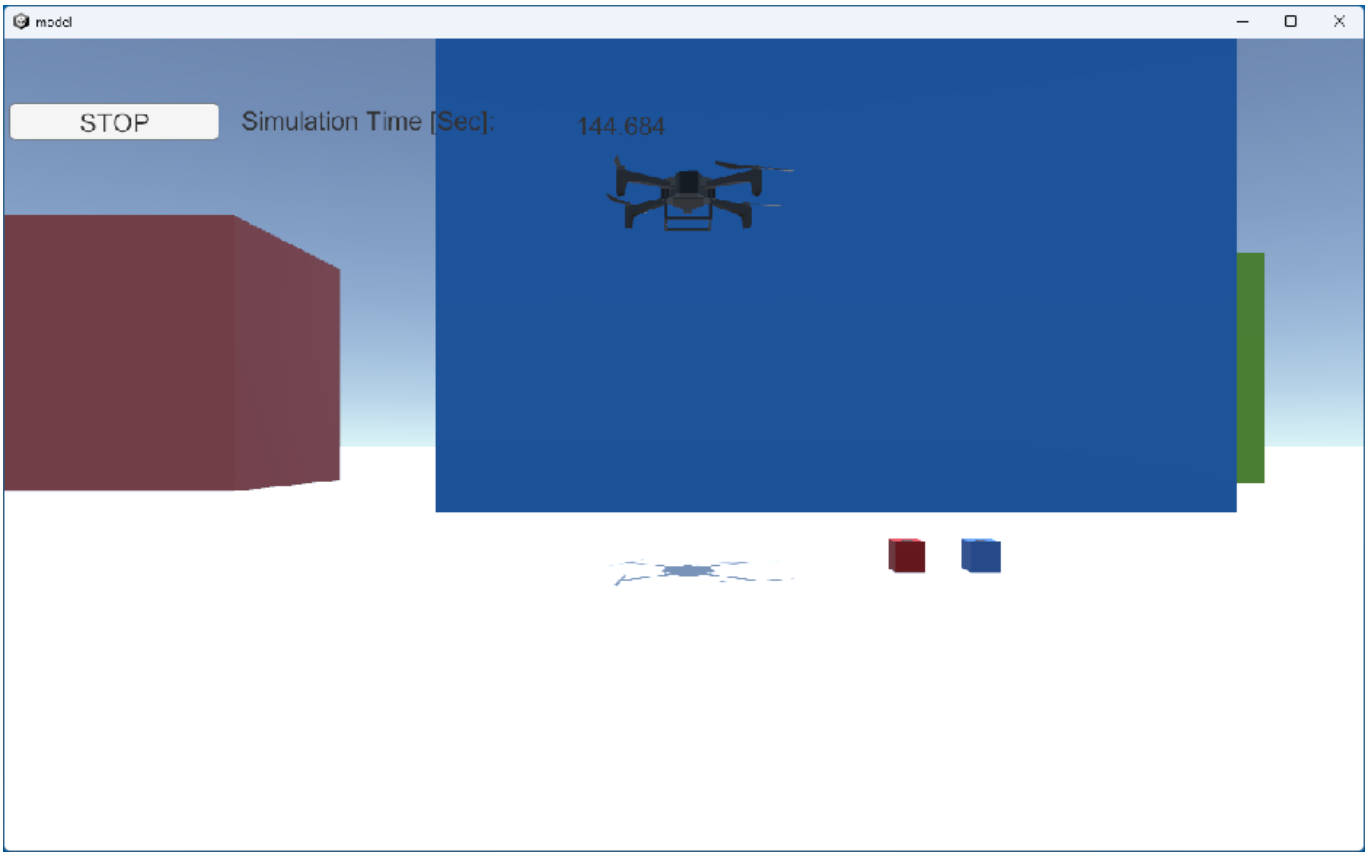
1.4.5. ドローン飛行の確認

Unityのドローン機体モデル画面のSTARTボタンをクリックします。STARTボタンをクリックすると各要素同士が、箱庭ドローンシミュレータと連携動作を始めます。PX4を起動している画面に「Ready for takeoff」表示されていれば、各要素の連携は正常にできています。



QGroundControlの画面で、左側にあるメニューから、「離陸」クリックします。クリックすると画面の真ん中上にスライドメニューが表示されるので、スライドさせます。

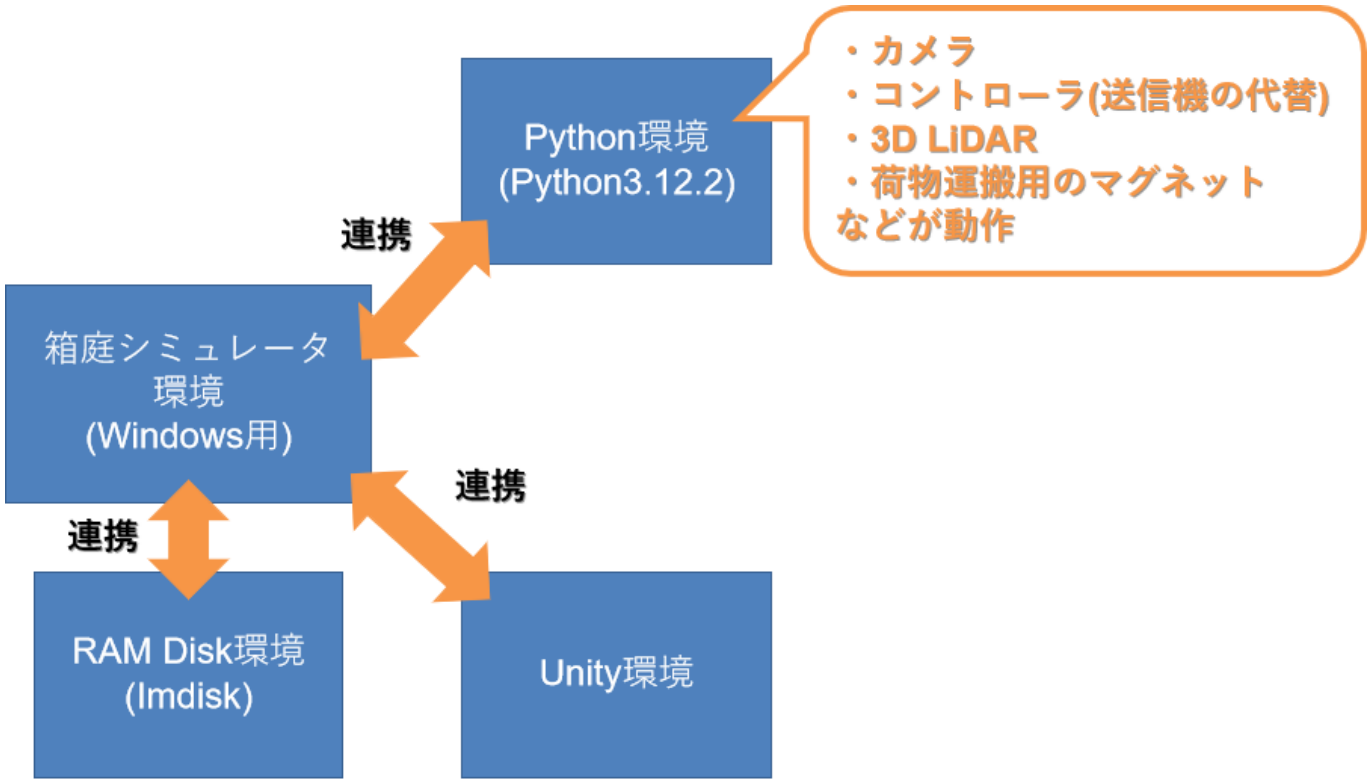
スライドさせると、Unity画面のドローン機体が、ホバリングを開始して、ドローンが飛行します。ここでは簡単なドローン飛行のみを紹介しています。QGroundControlでのドローンのフライトプランなどを設定すれば、Unity空間上でドローンの飛行体験ができますので、是非試してみてください。



1.5. Pythonシミュレーション

先ほどまでのPX4シミュレーションでは、実際にドローンを飛ばすための要素を使って、Unity上でドローン飛行のシミュレーションをしていました。ここでは、もっと手軽にドローンを飛ばすために、Pythonプログラムで作ったドローンパーツを組み合わせたシミュレーション環境を解説したいと思います。

No	要素名	内容
1	Python環境	Unity上で手軽にドローンパーツを組み合わせて作るドローンモデル環境
2	RAM Disk	箱庭と各要素間でのデータ連携するためのメモリ
3	Unity環境	箱庭と各要素が連携した時のドローンの飛行状態を表示
4	箱庭ドローンシミュレータ	各要素間を連携動作させながら、各要素間のスケジューリングを制御



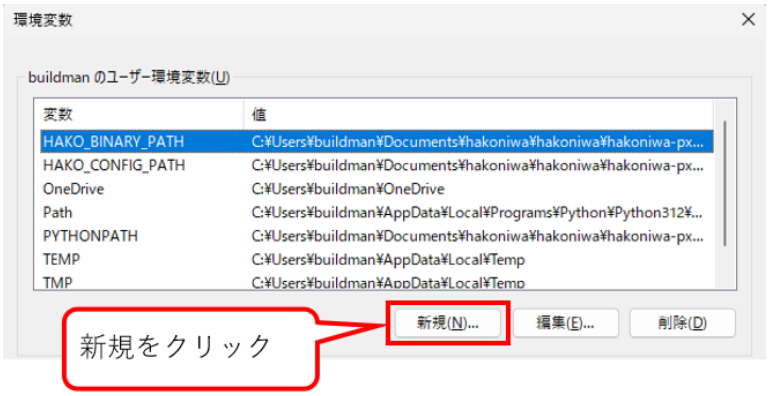
1.5.1. Pythonシミュレーションの事前設定

PX4シミュレーションでのコンフィグファイルをPythonシミレーション用のコンフィグファイルに変更とPythonシミュレーション動作に必要なライブラリを導入する必要があります。

1.5.1.1. 箱庭ドローンシミュレータ用のコンフィグパス変更

"箱庭ドローンシミュレータ用のコンフィグパスの設定"の手順に従って、コンフィグファイルのパスを変更します。

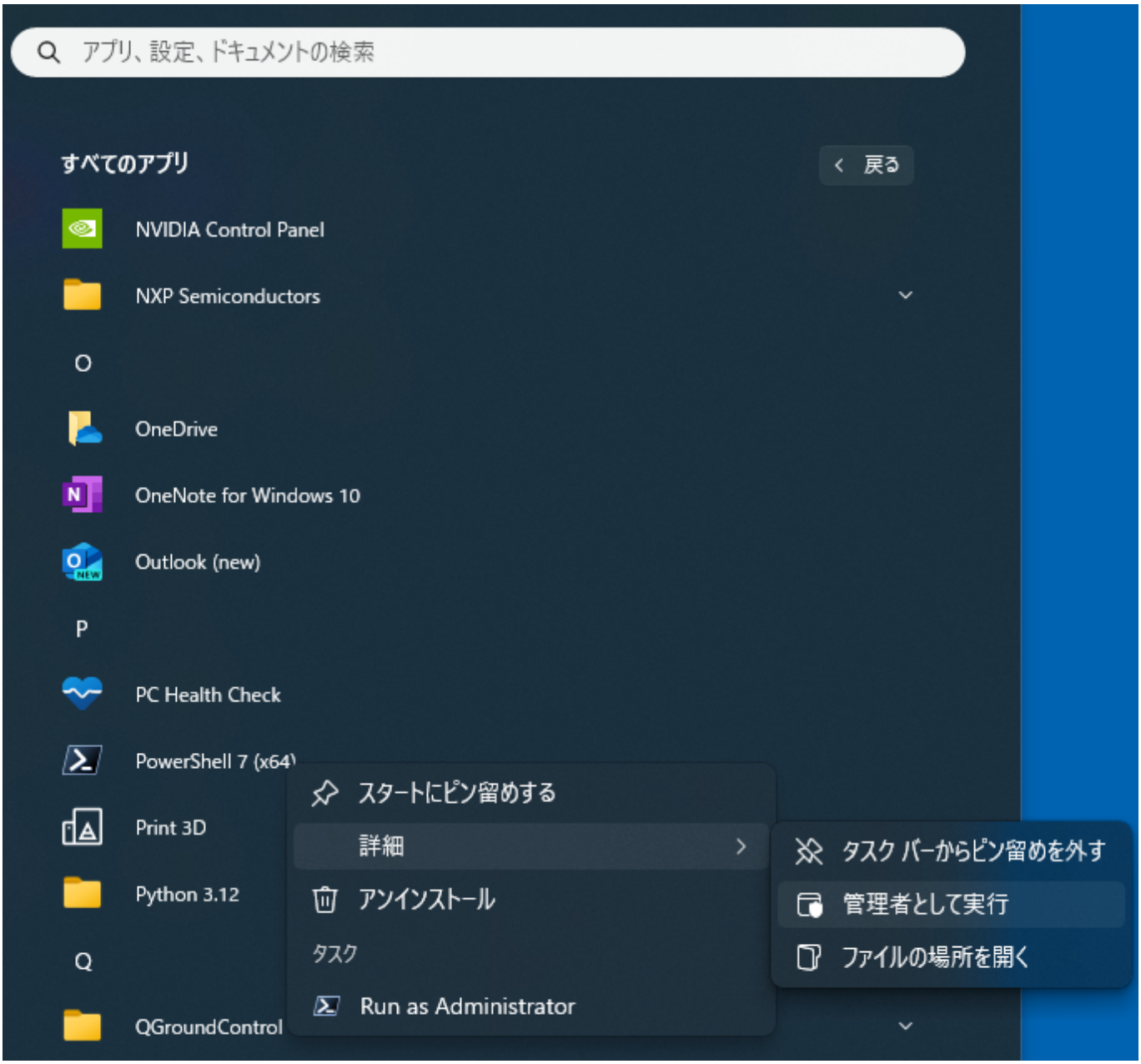
No	環境変数名	設定内容(例)
1	HAKO_CONFIG_PATH	C:\Users\buildman\Documents\hakoniwa-px4-win\hakoniwa\config_api\cpp_core_config.json



変数名：HAKO_CONFIG_PATH
設定値：C:¥Users¥buildman¥Documents¥hakoniwa-px4-win¥hakoniwa¥config_api¥cpp_core_config.json

1.5.1.2. Pythonシミュレーション動作用のライブラリ導入

Windowsスタートメニューから、Powershellを管理者モードで起動します。



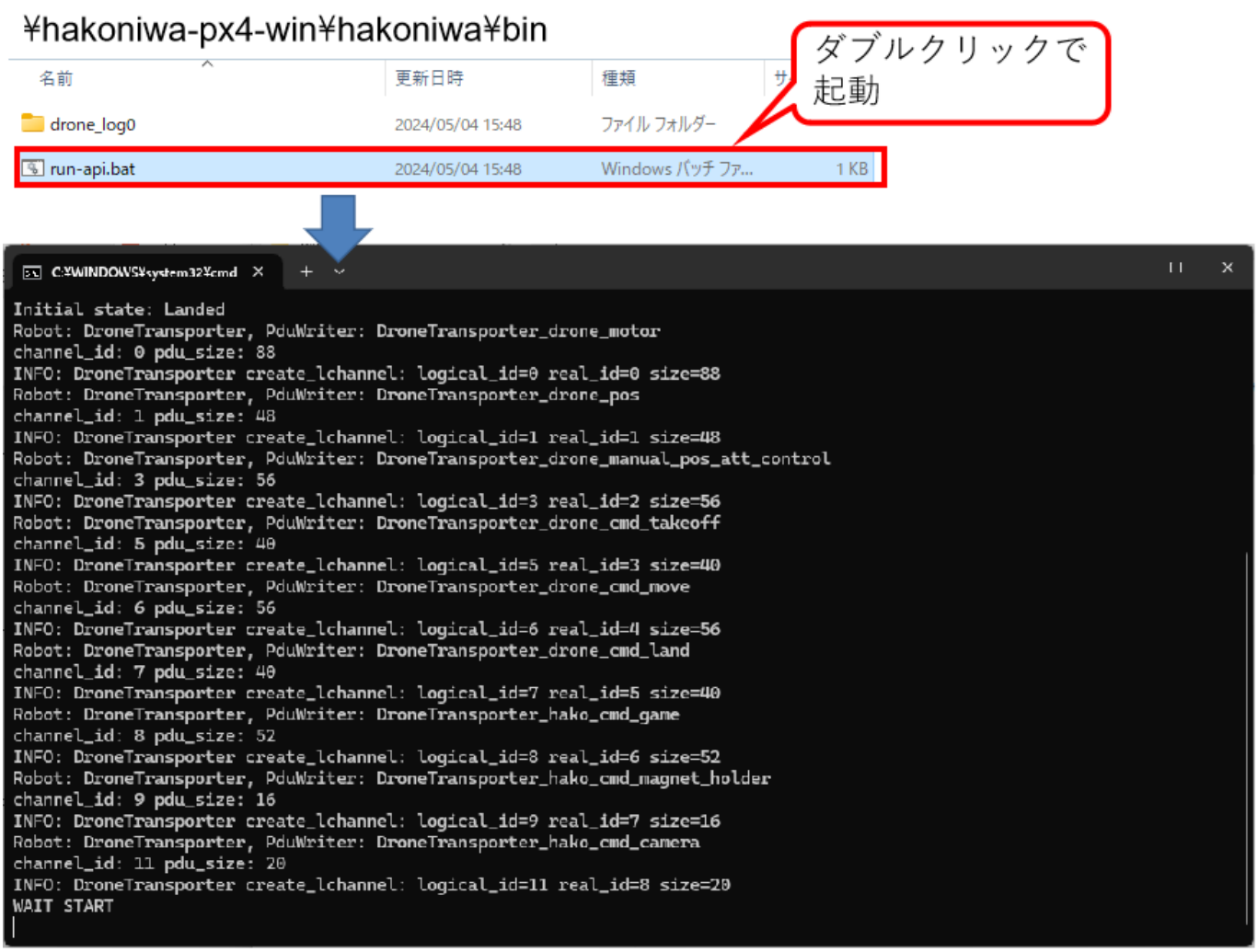
Powershellが起動したら、pipコマンドで以下のライブラリを導入します。

```
PS C:\Windows\System32> pip install pygame
PS C:\Windows\System32> pip install numpy
PS C:\Windows\System32> pip install opencv-python
```

1.5.2. Pythonシミュレータの起動

Pythonシミュレータを起動します。Pythonシミュレータは、Windows上で動作させるためのバッチファイルが用意されていますので、バッチファイルで起動します。hakoniwa-px4-win内の以下のパスにエクスプローラで移動して、run-api.batをダブルクリックして起動します。

```
Python：\hakoniwa-px4-win\hakoniwa\bin
```

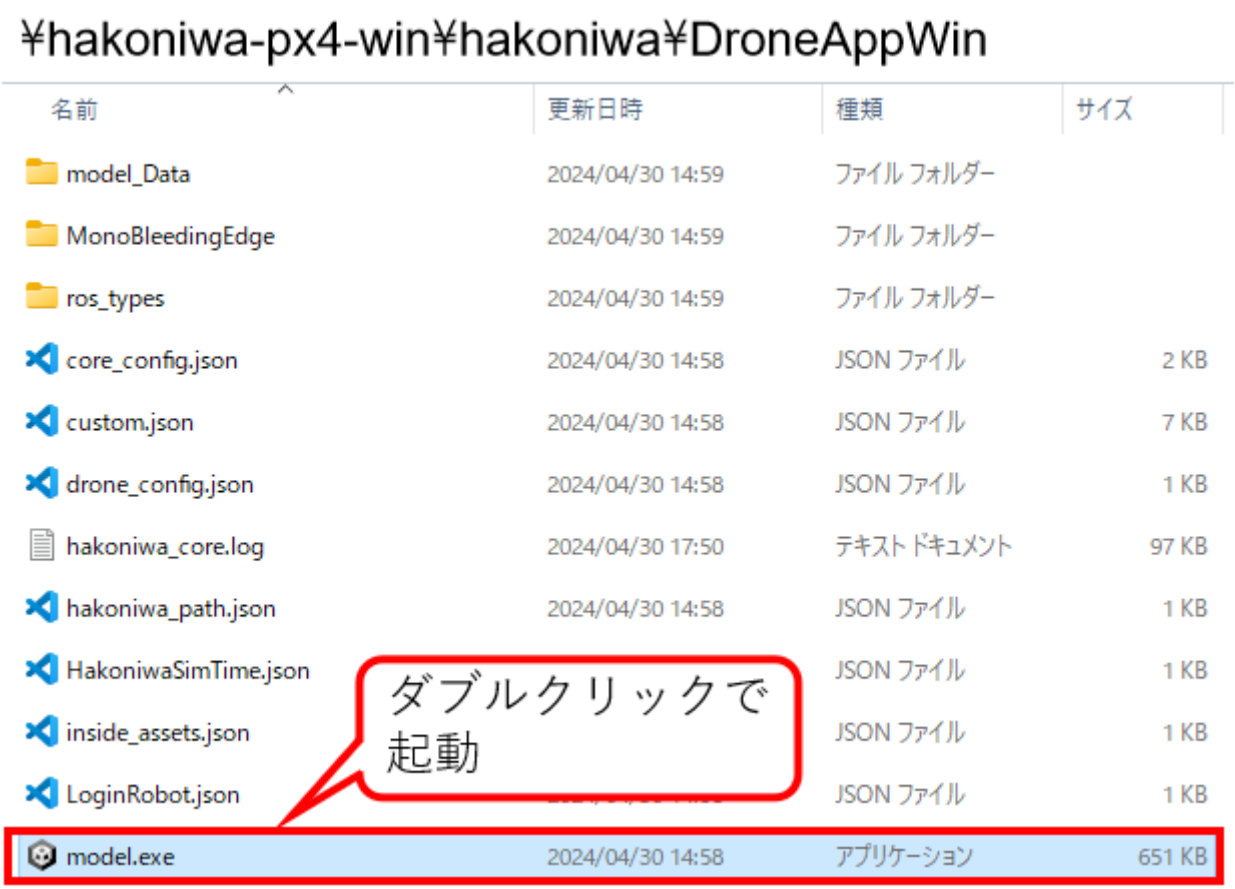


正常に起動できるとコマンドプロンプトが表示されます。

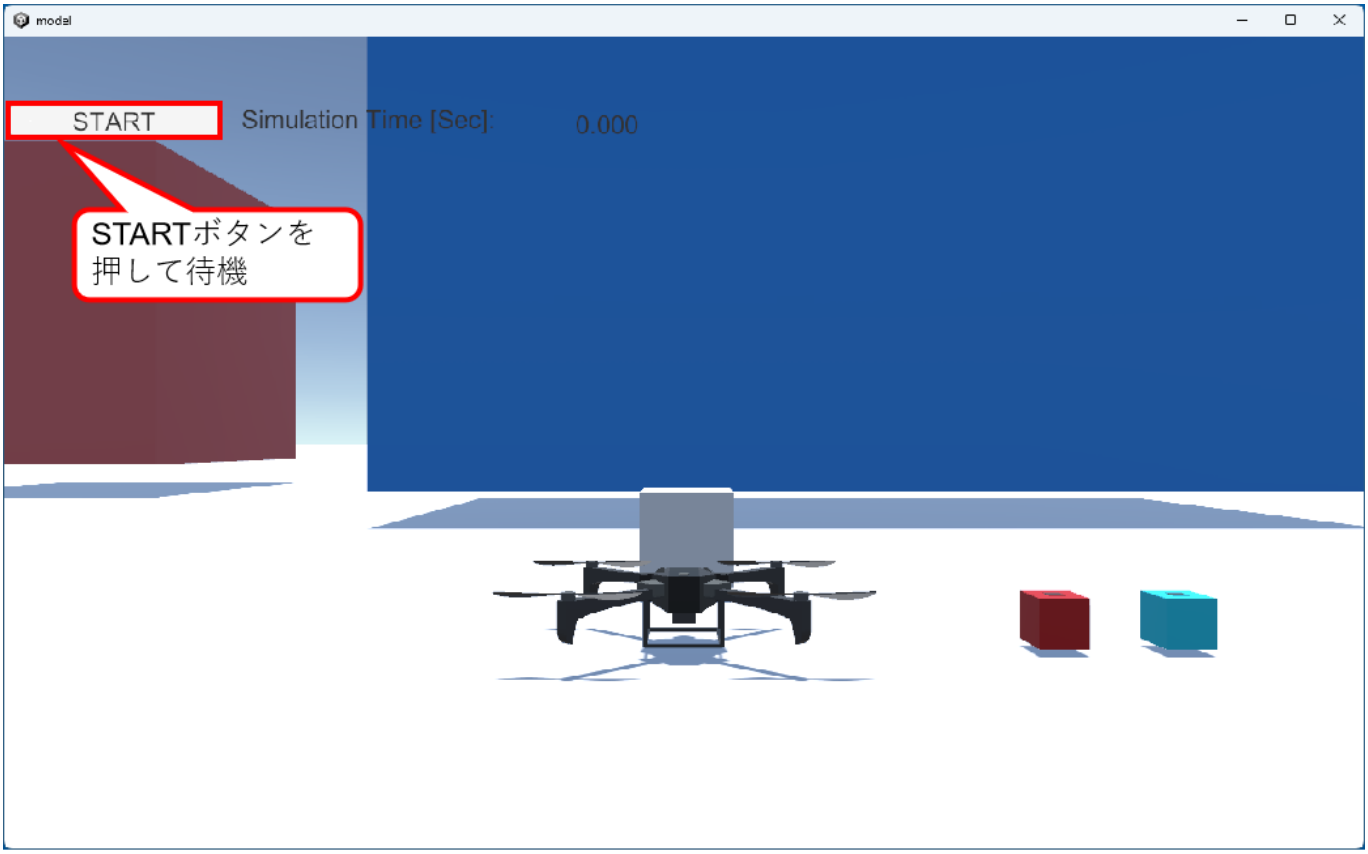
1.5.3. Unityのドローン機体モデルの起動

Unity上で動作させるドローン機体モデルを起動します。hakoniwa-px4-win内の以下のパスにエクスプローラで移動して、model.exeをダブルクリックして起動します。

> ドローン機体モデルの場所：`\hakoniwa-px4-win\hakoniwa\DroneAppWin`



起動するとUnityのドローン機体モデルが表示されます。表示されたら、左上のSTARTボタンをクリックして待機させます。



1.5.4. 送信機(PS4コントローラ)の起動

PS4用のコントローラをPCにUSBで接続します。USB接続ができたら、hakoniwa-px4-win内の以下のパスにエクスプローラで移動して、run-rc.batをダブルクリックして起動します。

```
コントローラ起動の場所：\hakoniwa-px4-win\hakoniwa\apps
```

正常に起動できるとコマンドプロンプトが表示されます。

1.5.5. カメラモデルの起動

Unity上のドローン機体モデルにあるカメラモデルを起動します。hakoniwa-px4-win内の以下のパスにエクスプローラで移動して、run-camera.batをダブルクリックして起動します。

```
カメラモデルの場所：\hakoniwa-px4-win\hakoniwa\apps
```

正常に起動できるとコマンドプロンプトが表示されます。

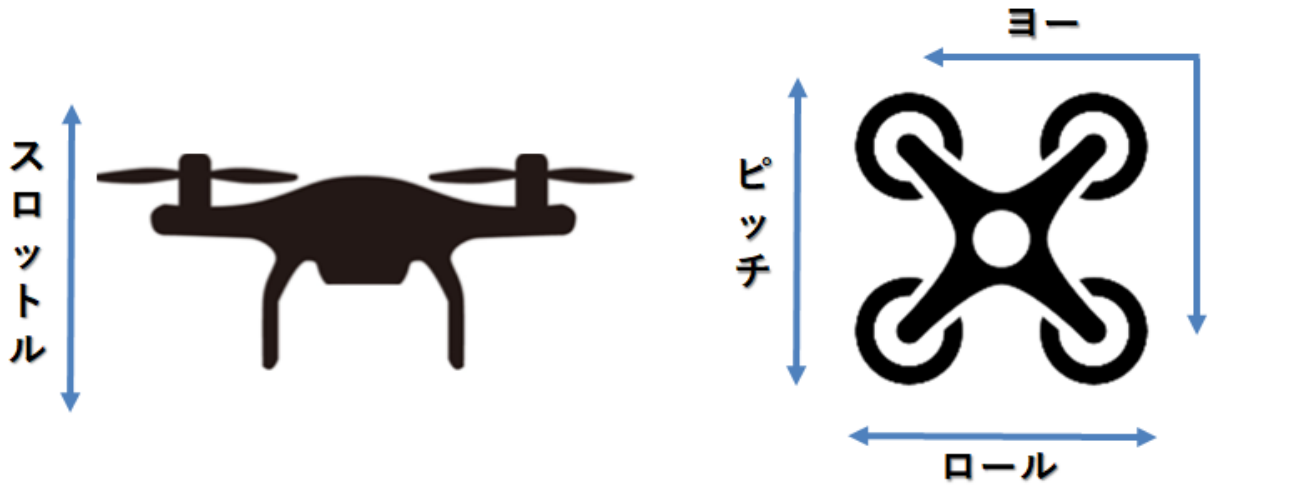
1.5.6. ドローン操作について

ここでは、実際のドローンの機体動作や、送信機の操作方法を解説します。

1.5.6.1. ドローン機体の動作

ドローンの機体の動作は、以下のような定義になっています。

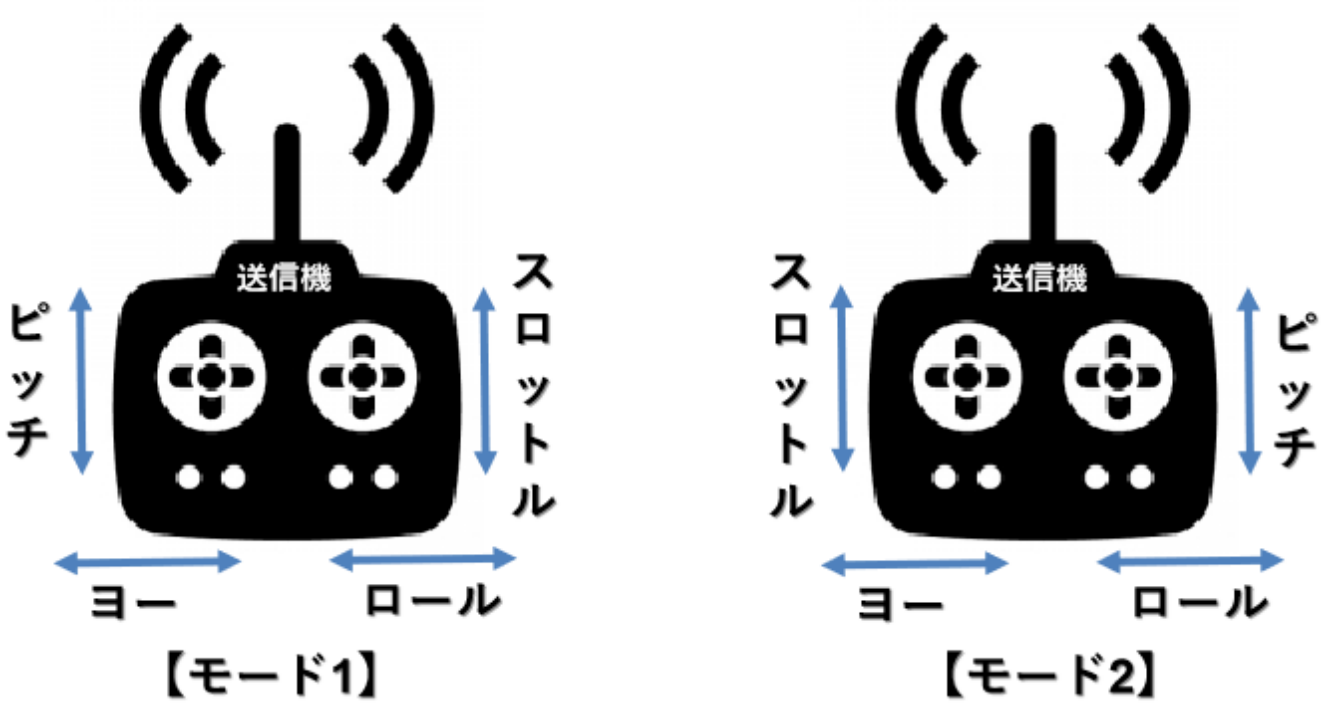
No	用語	内容
1	スロットル	ドローン機体の上昇と下降操作
2	ロール(エルロン)	ドローン機体の左右移動操作
3	ピッチ(エレベータ)	ドローン機体の前進と後進操作
4	ヨー(ラダー)	ドローン機体の左右旋回操作



【上からドローン機体を見た図】

1.5.6.2. 送信機(プロポ)の操作

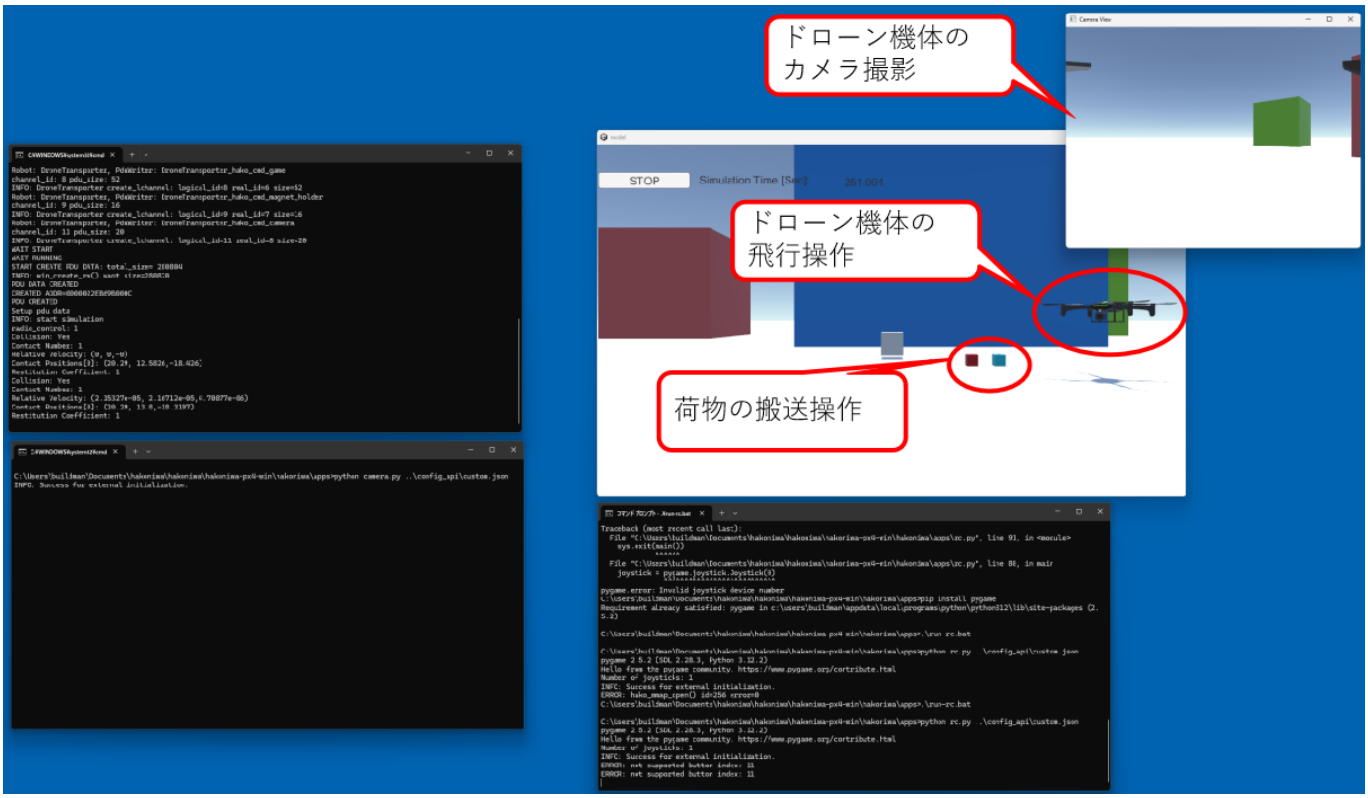
ドローンの機体操作は、送信機(プロポ)と言われるラジコンで使われる機器で操作をします。送信機には、モード定義があり、ドローン機体の動作に合わせた操作を送信機上のスティックで操作します。



Pythonシミュレータでは、送信機の操作モードをモード2として取り扱う定義となっています。

1.5.7. Pythonシミュレータでのドローン機体操作

Pythonシミュレータでは、PS4コントローラを使って、ドローンの飛行を操作することができます。また、Pythonシミュレータに配置されている荷物の搬送や、ドローン搭載されているカメラでの撮影ができるようになっています。



1.5.7.1. PS4コントローラの操作定義

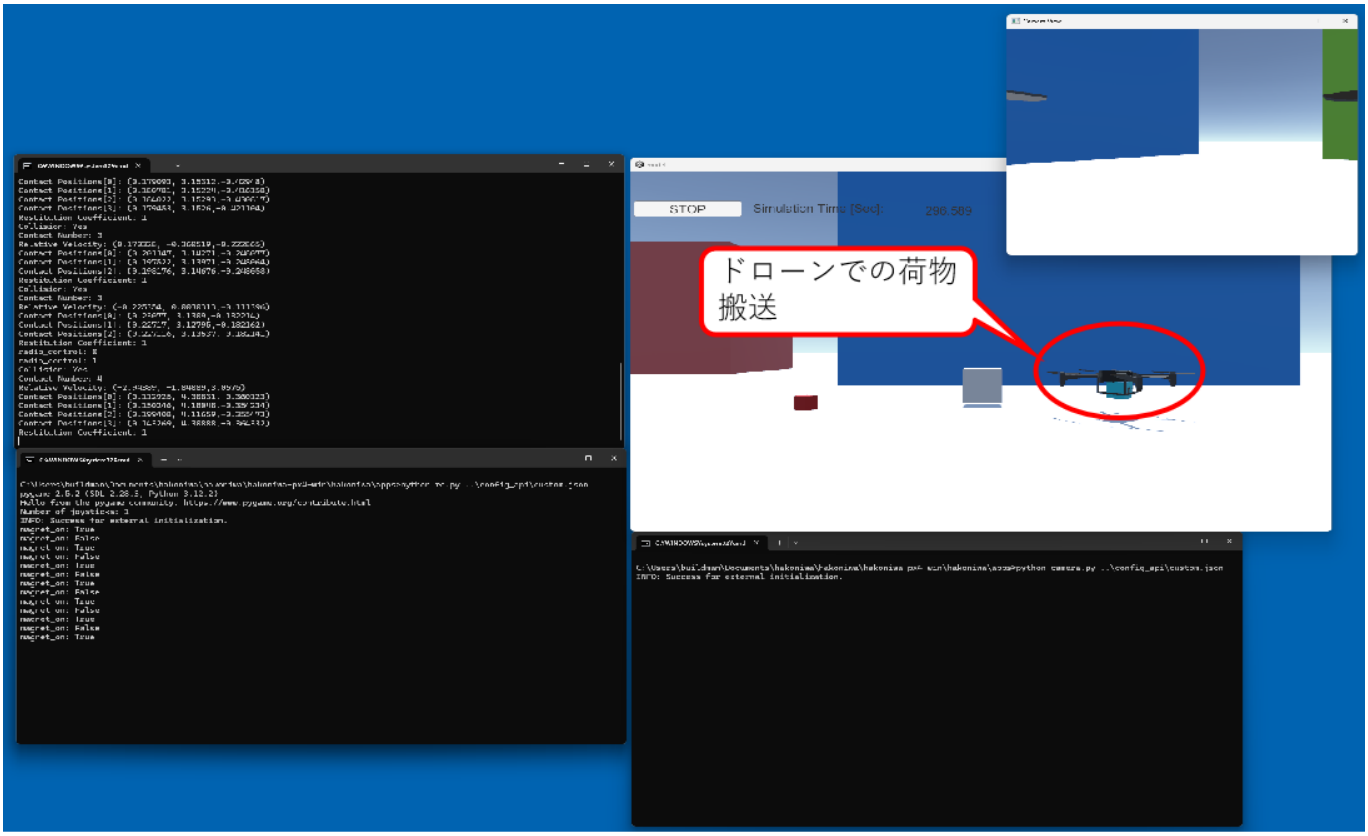
Pythonシミュレータでは、ドローンの機体をPS4コントローラで操作します。PS4コントローラの操作方法は、以下のような定義になっています。

No	PS4コントローラ	内容	備考
1	左側Joy Stick	スロットルとヨーの操作をします	
2	右側Joy Stick	ピッチとロールの操作をします	
3	×ボタン	アーム/ディスアームをします	アームはプロペラ回転開始/ディスアームはプロペラ回転停止のこと
4	□ボタン	カメラを使った撮影を操作します	
5	○ボタン	Pythonシミュレータ上に配置されている荷物のピックアップ/ドロップオフを操作します	

1.5.7.2. 実際の操作

PS4コントローラを使って実際に操作してみましょう。まず、×ボタンを押して、プロペラを回転させて、左側のJoy Stickを上下に操作することで、上昇/下降ができ、左右に操作することで左右旋回を操作できます。右側のJoy Stickを上下に操作することで、前進/後進ができ、左右させることで左右に移動を操作できます。

実際にPythonシミュレータに配置されている荷物の搬送や、カメラを使った撮影などを行ってみましょう。



1.5.7.3. 再起動について

箱庭ドローンシミュレータの実装は、まだ途中段階ですので、再度シミュレーションを行う場合は、全ての機能を閉じた上で、最初からやり直してください。

2. 最後に

箱庭ドローンシミュレータを使ったPX4シミュレータとPythonシミュレータに関しての解説を行いました。箱庭シミュレータの機能を拡張することで、ドローンを利用したさまざまなユースケースをシミュレータ上で検証することができます。ドローンの産業用途での利活用にあたっては、安全性が重視されます。また、ドローンを使うことで、自動車で実現できなかったサービスも実現可能です。ドローンの利活用のユースケースを想定して、箱庭ドローンシミュレータの利活用を検討してみてください。

3. 今後の対応

以下、今後の取組みや検討項目です。

No	対応項目	対応内容
1	送信機(プロポ)での操作	実際の送信機を使ったコントールができるようにする
2	機体のパーツ	実際の機体パーツに近づける。MATLABの勉強をしながら。
3	機体の種類の追加	マルチコプター以外のモデルを追加する。まずは、VTOL型機体。