自动驾驶汽车
预测-决策-规划-控制实战入门

7.3 搭建规划、控制模块

创作者：Ally

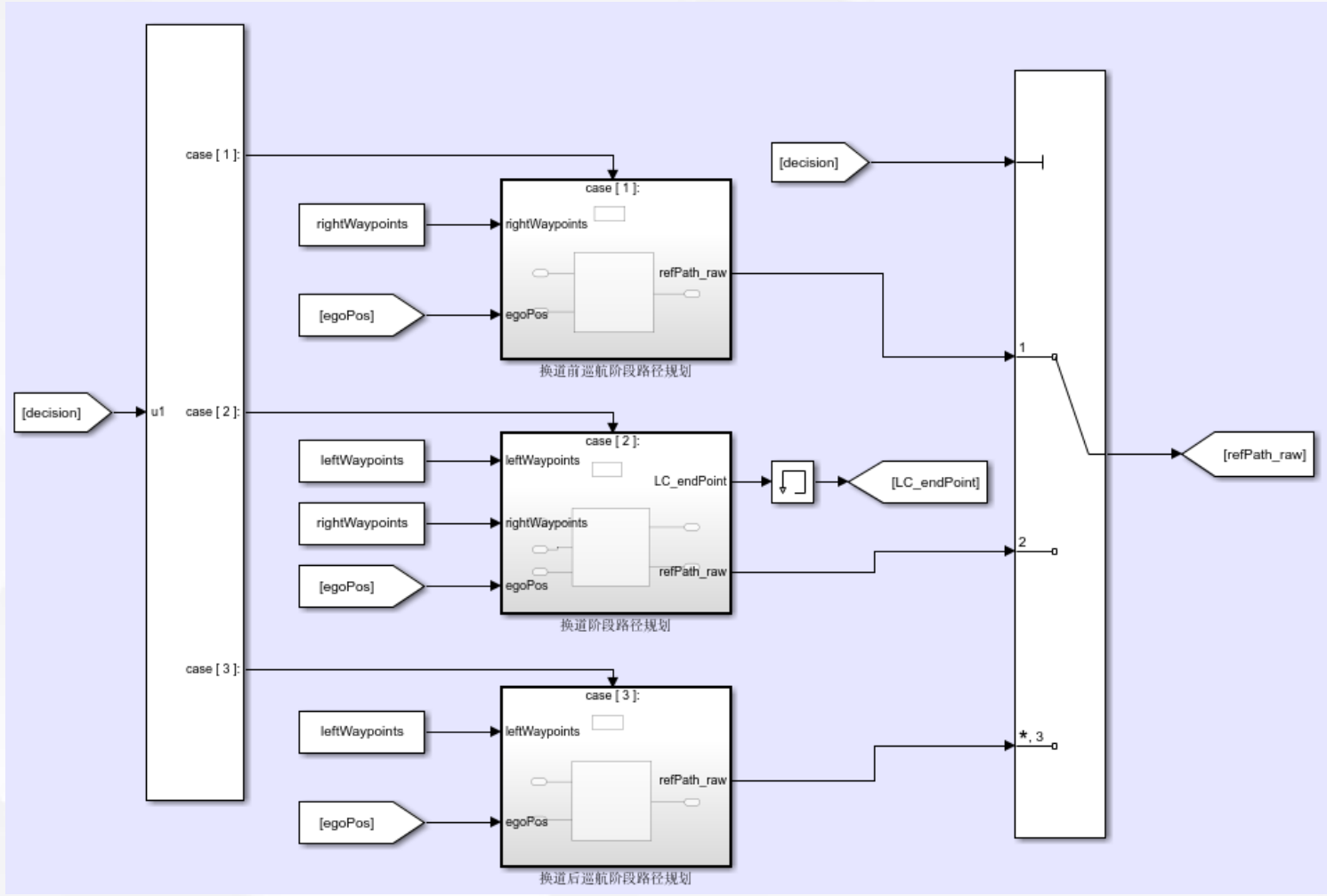
时间：2021/12/12

学习课程大纲目录


自动驾驶汽车“预测-决策-规划-控制”实战入门
第1节. 场景创建
1.1 Matlab自动驾驶工具箱介绍
1.2 创建S型道路自动换道场景
第2节. 轨迹预测
2.1 RNN网络与LSTM网络介绍
2.2 构建S型轨迹预测的数据集
2.3 训练轨迹预测LSTM网络
2.4 利用LSTM网络预测交通车轨迹
第3节. 换道决策
3.1 基于模糊逻辑推理的换道决策
3.2 利用Matlab模糊逻辑工具箱建立换道决策
第4节. 横向规划
4.1 四类换道路径类型对比及筛选
4.2 基于多目标评价函数筛选B样条曲线换道路径簇
第5节. 纵向规划
5.1 利用规划路径和预测轨迹建立ST图
5.2 基于动态规划算法初步规划ST曲线
5.3 基于二次规划算法平滑ST曲线
第6节. 轨迹跟踪
6.1 四类轨迹跟踪算法对比及筛选
6.2 利用MPC算法跟踪轨迹
第7节. 动态仿真
7.1 Simulink动态仿真技巧点拨
7.2 搭建预测/决策模块
7.3 搭建规划/控制模块

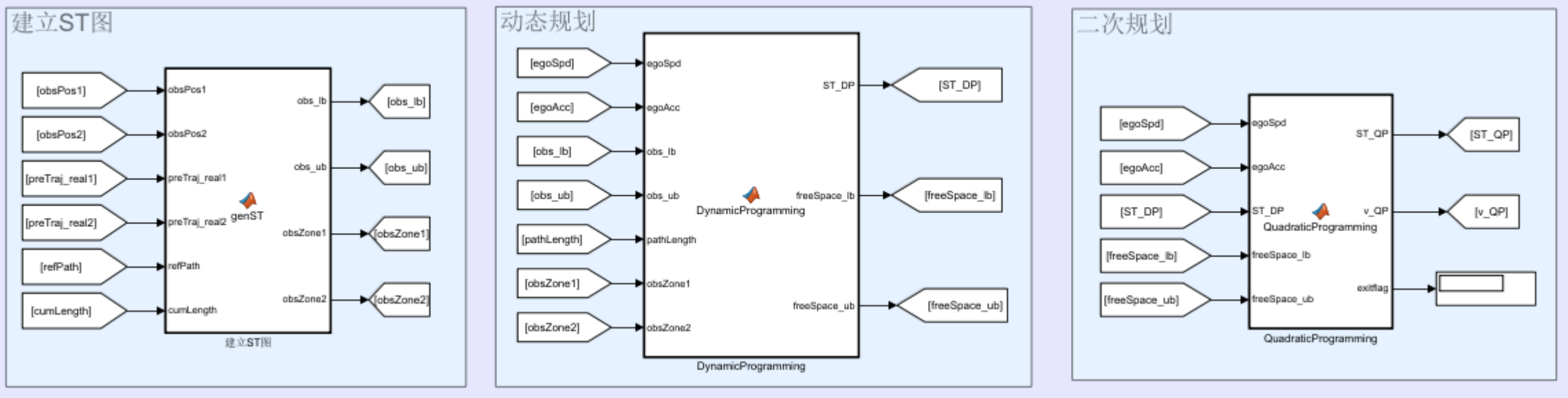
1 搭建横向路径规划模块

- 思路：由于三个阶段都有规划的路径输出，而控制模块每次得到的参考路径数据有且只有一种，因此可以考虑用Switch-Case模块、Switch Case Action Subsystem和Index Vector模块搭配使用。
- 具体步骤：
  - 如右图导入三种模块；
  - 在三个Switch Case Action Subsystem模块里面添加对应的路径规划代码。
  - 1/3阶段的路径规划可以参照右车道中心线、左车道中心线即可；
  - 第2阶段的路径规划则采用基于多目标优化的规划路径筛选方法，因此在换道过程中可以只在换道起点规划一次路径，避免换道过程中实时路径规划所带来的的时间消耗；
  - 第2阶段的路径规划结果可以用persistent变量暂存在matlabfunction里面，用于换道过程中的调取。



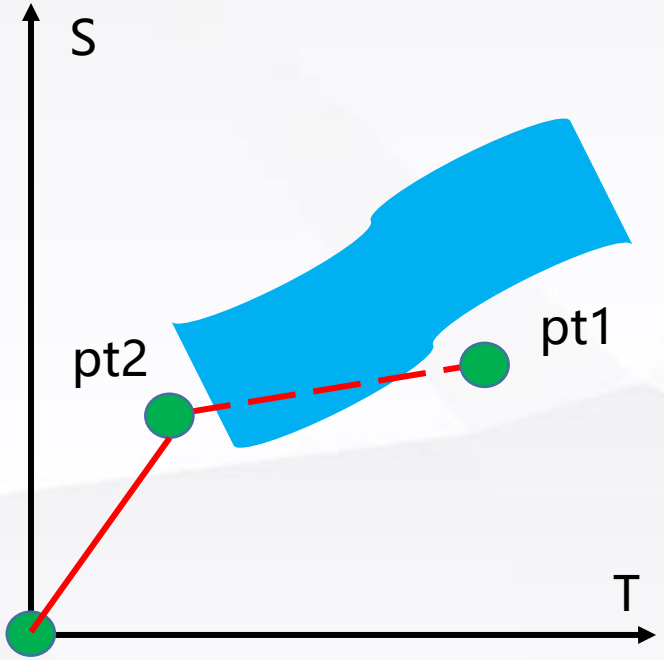
2 搭建纵向速度规划模块——总览

- 思路：根据前期课程，可以将速度规划模块划分为建立ST图、动态规划、二次规划三个步骤。
- 首先建立ST图，值得注意的是需要输出障碍物的上下边界随时间变化的变量，以及障碍物所构成的封闭多边形变量；
- 然后在ST图里面利用动态规划初步获得ST曲线，由于动态规划的离散时间为1s，需要判断前后时刻的ST连线是否跨越障碍封闭区；
- 最后利用二次规划平滑DP输出的粗糙ST曲线。需要注意的是quadprog函数在Simulink环境中的一些配置和纯m脚本不一样，需要特别处理。



3 搭建纵向速度规划模块——建模技巧

- 动态规划中如何判断相邻两个时刻的ST连线是否越过障碍封闭区？
  - 以前后两个点作为线段的起点和终点；
  - 在线段间平分10段，中间插值9个离散点；
  - 调用matlab的inpolygon函数，可以判断这11个散点是否位于交通车所构成的蓝色封闭区间内。



- quadprog函数简介
  - 关注每一种迭代计算的求解算法（Simulink只支持active-set算法）；
  - 关注输出的exitflag标志位。

Algorithm	选择算法： • 'interior-point-convex'（默认值） • 'trust-region-reflective' • 'active-set' 'interior-point-convex' 算法只处理凸问题。'trust-region-reflective' 算法处理只有边界或只有线性等式约束的问题，但不处理同时具有两者的问题。'active-set' 算法处理不定问题，前提是 H 在 Aeq 的零空间上的投影是半正定的。有关详细信息，请参阅选择算法。

所有算法	
1	函数收敛于解 x。
0	迭代次数超出 options.MaxIterations。
-2	问题不可行。或者，对于 'interior-point-convex'，步长大小小于 options.StepTolerance，但不满足约束。
-3	问题无界。

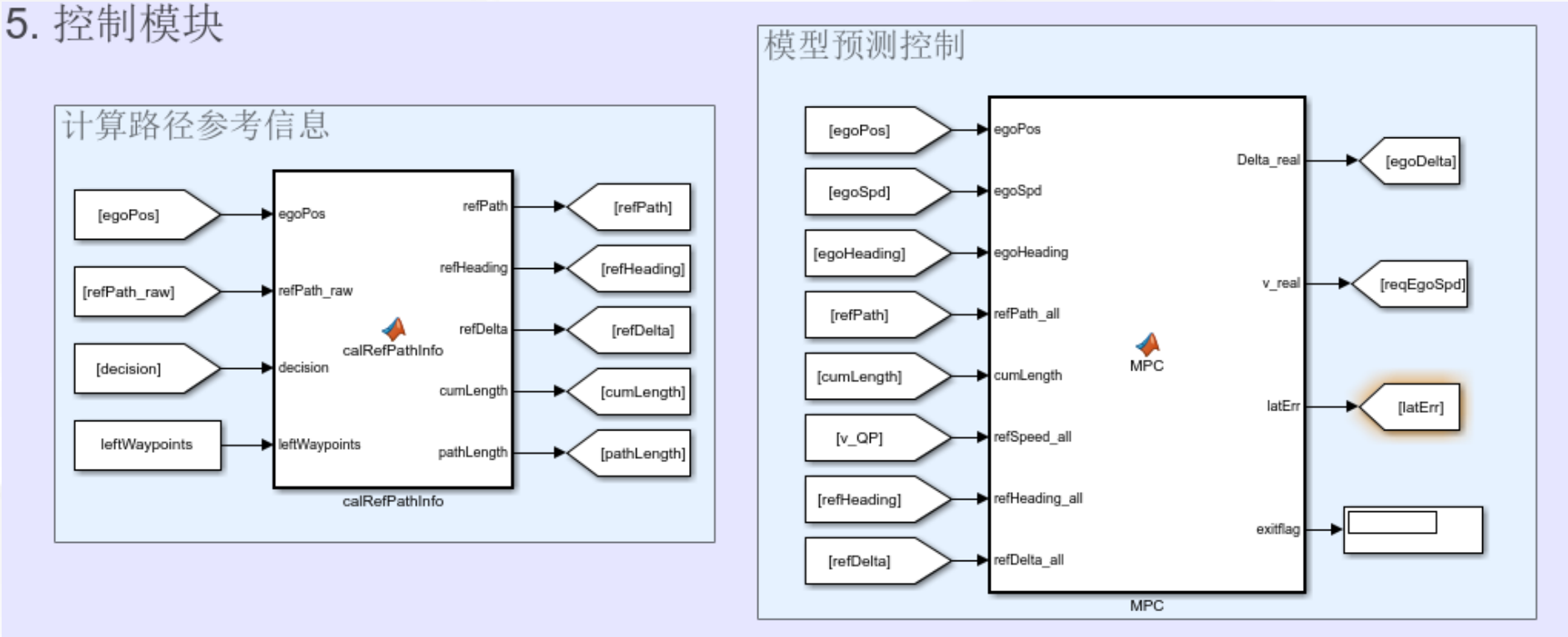
4 搭建控制模块

◆ 计算路径参考信息

- 由于换道阶段的特殊性，参考路径需要局部处理；
- 计算参考航向角、参考前轮转角、参考路径的累积长度、路径长度

◆ 模型预测控制

- 输入本车当前的所有状态（位置、航向角、速度）
- 输入所有参考信息



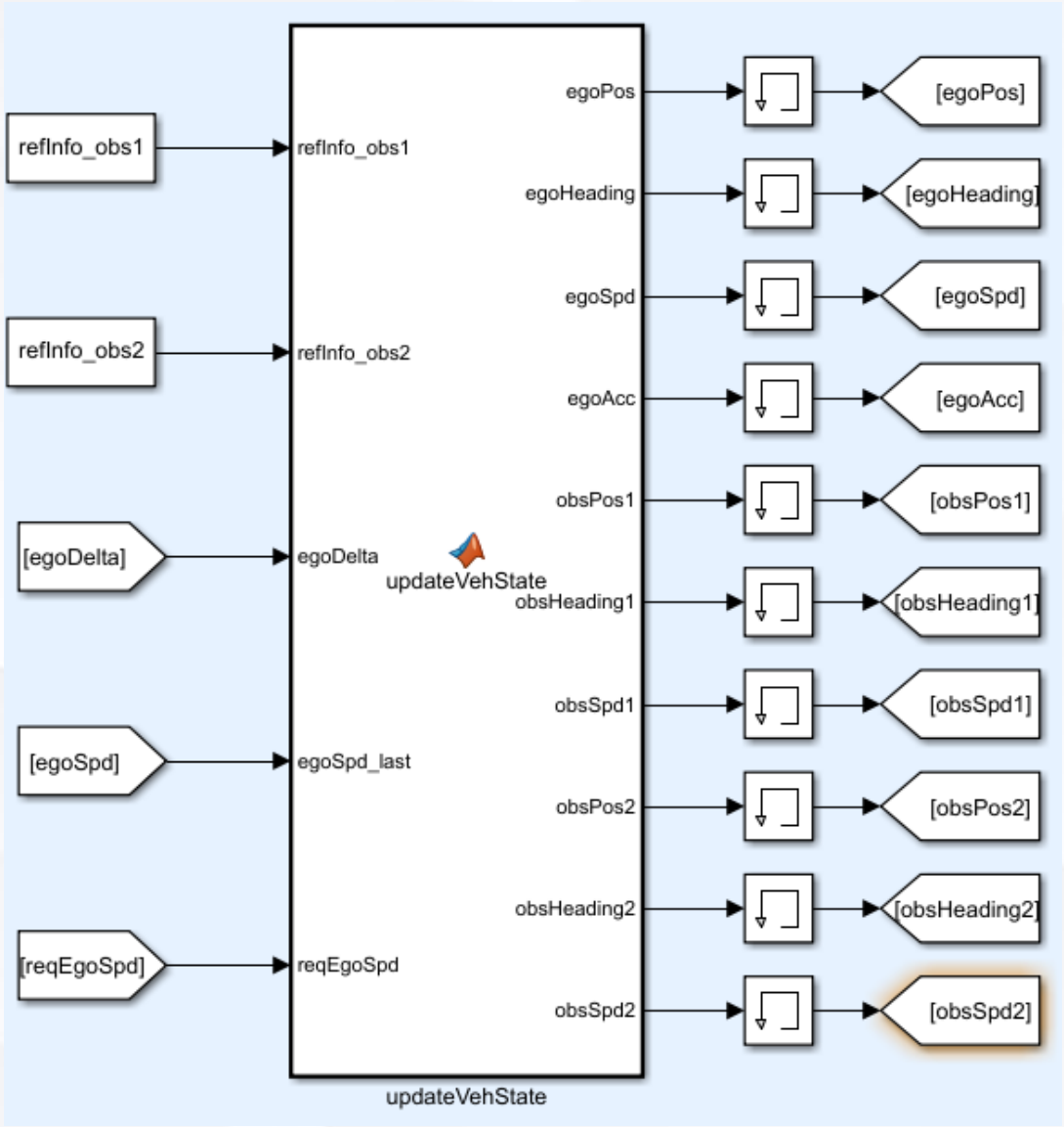
5 搭建状态更新模块

◆ 交通车状态更新

- 在Simulink文件的预加载模块提前预定义交通车的行驶路径、行驶速度等信息；
- 在本模块根据每一个时刻点对应的索引调取即可，不需要在线计算。

◆ 本车状态更新

- 不同于交通车，本车的状态更新依赖于前面的模块输出。
- 模型预测控制输出了车辆的前轮转角和速度指令，然后根据车辆状态persistent变量可以在模块内部实现状态更新。



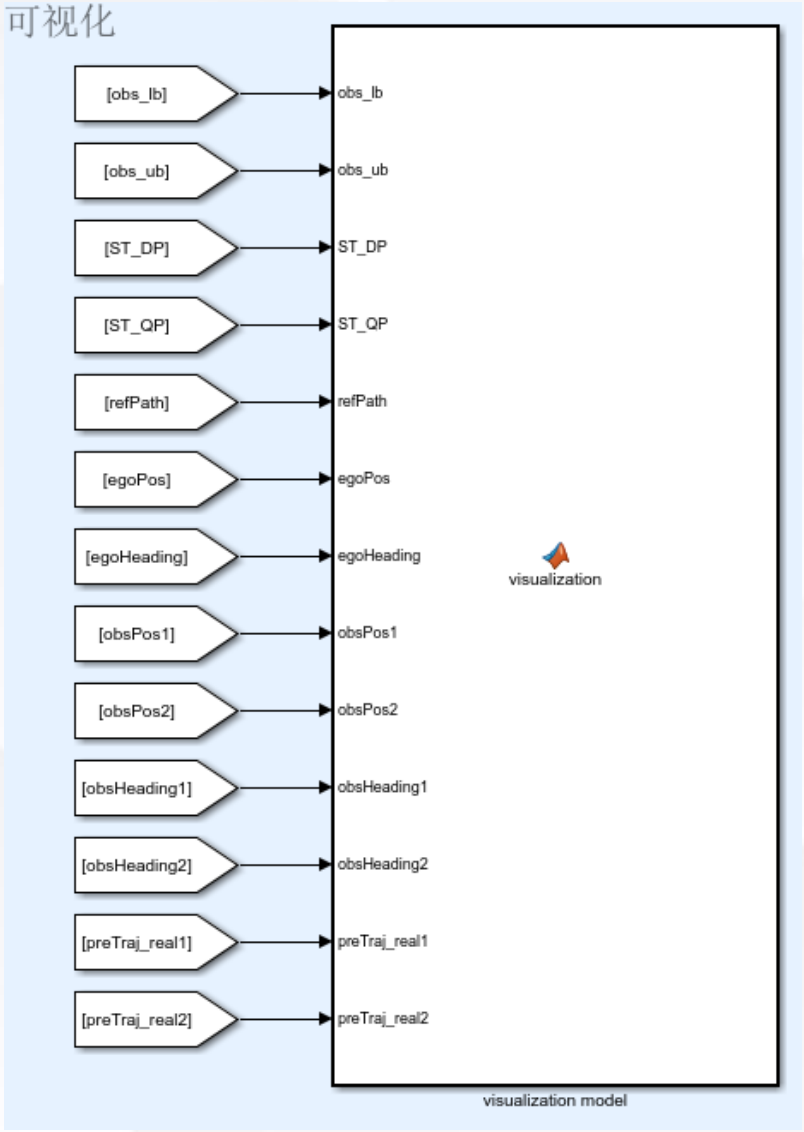
6 搭建可视化模块

◆ 绘制ST图

- 画交通车占据本车轨迹所形成的封闭区域；
- 画动态规划得到的粗糙ST曲线；
- 画二次规划得到的平滑ST曲线。

◆ 画自动驾驶场景图

- 画场景：S型道路、交通车、本车；
- 画交通车预测轨迹；
- 画本车的规划路径。



7 Simulink动态仿真总结

- 本次“预测-决策-规划-控制”累计debug次数多达60+次，主要原因是前期的m脚本没有考虑Simulink环境的适用性，导致遗留了诸多问题。
- 数据流较大的大型动态仿真里面，需要细致思考前后数据输入与输出接口的对应，以减少后期的debug调试。
- 整个模型的数据流是开环的，并未闭环仿真。
- 动态规划的输出结果仍与障碍物相交，一直未能查询到具体原因，需要后期继续debug。
- 由于ST图的障碍区间的特殊性，二次规划通常规划失败，也需要做进一步的优化处理。