

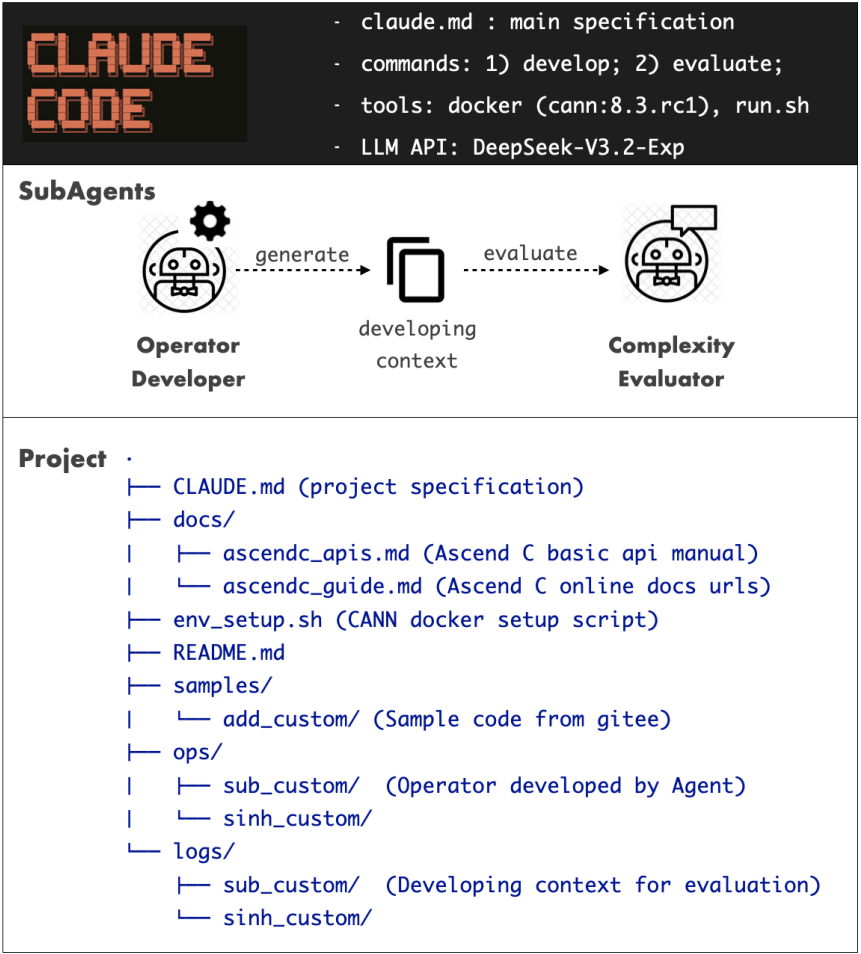
# README

本仓作为华为 CANN Ascend C 算子开发的工程模板, 用于验证 AI Agent 在本工程目录下能够参考样例代码和文档说明, 完成自定义算子的开发、构建和测试的能力。

AI Agent 在执行算子开发的过程中, 会把过程上下文都记录下来, 然后供另一个评价 Agent 来对算子开发过程的复杂度进行评估。

这里 Agent 框架采用 Claude Code, 模型 API 使用 DeepSeek V3.2。算子开发 Agent 和 评估 Agent 采用 Claude Code 的 SubAgent 功能实现。

## Claude Code 工程结构



# Agent 执行规范

## 算子开发 Agent

算子开发的 Agent 按照如下要求独立完成算子开发、构建和测试任务。同时把一个算子的完整开发过程都记录下来，存放在 logs 目录下，每一个算子独立一个子目录。要求把算子开发过程中的所有关键过程，工具调用，文件访问，网络访问，失败重试，上下文的总消耗等细节都记录下来，作为后续评估 Agent 进行复杂度评估的依据。

算子的开发方式参考如下介绍和相关文档，算子开发的 Agent 需要严格遵守下面的要求进行算子开发，直至调通算子的构建和测试为止。如果最后算子开发失败，Agent 也需要把失败的过程和原因都记录下来，作为复杂度评估的依据。

## 算子目录结构

- samples/：示例算子的代码，包括源码、编译脚本和测试脚本。
- docs/：使用 Ascend C 进行算子开发的相关文档和开发说明。
- ops/：用户（或者 Agent）开发的算子代码及其工程和测试脚本都放在本目录下，一个算子一个子目录分开存放。
- env\_setup.sh：工具链安装在 docker 中，使用该脚本可以映射本目录到 Docker 容器中，进行算子的代码编译和测试。
- README.md：本说明文档，介绍仓库的目录结构和使用方法。

## 算子开发过程

### 算子原型文件

用户提供算子原型文件（.json），定义算子的输入输出属性和算子元信息，作为算子开发的参考（参见 samples/add\_custom/AddCustom.json）。

### 代码编写

- 核函数开发：根据算子的数学表达式和计算逻辑，使用 Ascend C 提供的算子开发接口编写核函数代码（参见 samples/add\_custom/add\_custom.cpp）。具体核函数开发过程中需要参考的开发文档，详见 docs/ 目录下的相关文档。
- 核函数调用：在应用程序中调用核函数（参见 samples/add\_custom/main.cpp），用户可以使用该应用程序进行算子的测试（注意：需要借助测试脚本为 main 函数生成核函数的输入数据）。核函数调用代码的开发需要参考的开发文档，详见 docs/ 目录下的相关文档。

## 构建脚本

- CMakeLists.txt：编写 CMake 构建脚本，定义编译选项和链接库，确保算子代码能够正确编译和链接（参见 samples/add\_custom/CMakeLists.txt）。

## 测试开发

根据算子的功能和性能需求，编写相应的测试用例（参见 samples/add\_custom/scripts）。

其中包括：

- 数据生成脚本：编写数据生成脚本，生成输入数据和真值数据（参见 samples/add\_custom/scripts/gen\_data.py）。
- 结果验证脚本：编写结果验证脚本，验证算子输出数据和真值数据是否一致（参见 samples/add\_custom/scripts/verify\_result.py）。

## 构建和测试

### 环境准备

- CANN 的开发工具链安装在容器环境中，执行如下脚本进入容器环境

```
./env_setup.sh
```

- 配置环境变量: 进入容器环境后，需要配置环境变量

```
source /usr/local/Ascend/ascend-toolkit/set_env.sh  
export ASCEND_INSTALL_PATH=/usr/local/Ascend/ascend-toolkit/latest
```

### 构建和测试

第一次使用前，需要赋予 run.sh 运行权限：

```
chmod a+x run.sh
```

执行构建和测试：

```
bash run.sh -r [RUN_MODE] -v [SOC_VERSION]
```

- RUN\_MODE：编译方式，可选择CPU调试，NPU上板。支持参数为[cpu / npu]，容器环境中选择 cpu 模式
- SOC\_VERSION：昇腾AI处理器型号，容器环境中选择 Ascend910B

例如在容器环境中如下执行：

```
bash run.sh -r cpu -v Ascend910B
```

`run.sh` 会进行构建，调用脚本进行测试数据生成，运行算子 CPU 侧的可执行程序，完成算子的调用和测试。

## 开发复杂度评估 Agent

算子开发复杂度评估 Agent 负责对算子开发过程的复杂度进行评估。评估的依据是算子开发 Agent 在开发过程中的所有记录，包括上下文信息、工具调用、文件访问、网络访问、失败重试等细节。

用户输入 logs 目录下的指定算子，评估 Agent 会分析对应目录下该算子的开发过程记录，给出复杂度评估结果。评估结果包括复杂度评分和详细的复杂度分析报告。分析报告细节包括：

- 总的上下文消耗
- 访问的文件数目
- 访问的网络资源数目
- 调用工具的次数
- 失败重试的原因和次数
- 其他影响复杂度的因素

分析总结影响对应算子开发的复杂度的关键因素，给出优化建议，帮助用于改进算子开发的文档设计、API 接口设计、工具易用性设计等方面，降低算子开发的复杂度，提高开发效率。

此外，用户可以选择对比多个算子的开发复杂度，基于上面的维度对多个算子的开发过程记录进行分析并对比，给出各个算子的复杂度评分、排名和关键影响点，帮助用户了解不同算子开发的复杂度差异。

## 验证效果

### 算子开发能力

- 算子开发任务规划执行正常

```
Claude Code v2.0.29
deepseek-reasoner · API Usage Billing
/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent

> develop operator sub, support datatype float16 and float, test all datatypes.

• I'll help you develop a subtraction operator that supports both float16 and float32 data types. Let me create a
  todo list to track this implementation and then use the operator development agent.

• Now I'll use the operator development agent to create the subtraction operator with support for both float16 and
  float32 data types.

> /develop is running...

• I'll use the operator development agent to create a subtraction operator that supports both float16 and float32
  data types.

• op-developer(Develop subtraction operator)
  | Write(ops/sub_custom/run.sh)
  | Wrote 125 lines to ops/sub_custom/run.sh
  | +34 more tool uses (ctrl+o to expand)

* Philosophising... (esc to interrupt · ctrl+t to hide todos)
  | □ Develop subtraction operator with float16 and float32 support
  | □ Test all supported data types

> █

▶▶ accept edits on (shift+tab to cycle)
```

• 算子开发任务遵循开发指导

```
> /develop is running...

• I'll use the operator development agent to create a subtraction operator that supports 10:22 AM deepseek-chat
  both float16 and float32 data types.

op-developer(Develop subtraction operator)
| Prompt:
  | Please develop a subtraction operator named "sub_custom" that supports both float16 and float32 data types. The
  | operator should perform element-wise subtraction between two input tensors of the same shape.

  | Requirements:
  | - Operator name: sub_custom
  | - Support both float16 and float32 data types
  | - Element-wise subtraction: output = input1 - input2
  | - Create complete implementation including:
  |   - Operator prototype JSON file
  |   - Ascend C kernel function
  |   - Host application (main.cpp)
  |   - CMakeLists.txt
  |   - run.sh script
  |   - Test data generation and verification scripts
  | - Follow the project directory structure in ops/sub_custom/
  | - Build and test the operator in Docker environment
  | - Test both float16 and float32 data types
  | - Record all development activities in logs/sub_custom/

  | The operator should handle tensors of any shape and perform element-wise subtraction. Please ensure the
  | implementation is robust and handles edge cases appropriately.
```

• 算子开发过程访问文档和样例代码

本地文档和样例代码访问正常，在线文档访问失败（在线文档有权限要求，或者反爬虫）

```

Waiting...ir -p /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom)
Waiting...ir -p /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/scripts)
Waiting...ir -p /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/logs/sub_custom)
(No content)
(No content)
(No content)
Read(file_path: "/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/samples/add_custom")
Error: EISDIR: illegal operation on a directory, read
Waiting...la /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/samples/add_custom/)
total 4632
Read(file_path: "/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/samples/add_custom/AddCustom.json")
Read(file_path: "/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/samples/add_custom/add_custom.cpp")
Read(file_path: "/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/samples/add_custom/main.cpp")
Read 39 lines
Read 83 lines
Read 98 lines

Read(file_path: "/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/docs/ascendc_api.md")
Read(file_path: "/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/docs/ascendc_guide.md")
Read(file_path: "/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/samples/add_custom/scripts/gen_data.py")
Read 137 lines
Read 19 lines
Read 26 lines
Read(file_path: "/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/samples/add_custom/data_utils.h")
Read(file_path: "/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/samples/add_custom/CMakeLists.txt")
Read(file_path: "/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/samples/add_custom/run.sh")
Read 241 lines
Read 45 lines
Read 114 lines
Read(file_path: "/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/samples/add_custom/scripts/verify_result.py")
Waiting...r /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/samples/add_custom/cmake
Read 54 lines
(No content)

Fetch(url: "https://www.hiascend.com/document/detail/zh/CANNCommunityEdition/83RC1/API/ascendcopapi/atlasascendc_ap
Error: Claude Code is unable to fetch from www.hiascend.com
Web Search("Ascend C Sub API element-wise subtraction tensor operation documentation")
Did 0 searches in 242ms
Write(/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/SubCustom.json)
[rote 42 lines to /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/SubCustom.json

```

- 算子开发过程生成代码写入文件正常

```

Fetch(url: "https://www.hiascend.com/document/detail/zh/CANNCommunityEdition/83RC1/API/ascendcopapi/atlasascendc_ap
Error: Claude Code is unable to fetch from www.hiascend.com
Web Search("Ascend C Sub API element-wise subtraction tensor operation documentation")
Did 0 searches in 242ms
Write(/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/SubCustom.json)
[rote 42 lines to /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/SubCustom.json

Write(/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/sub_custom.cpp)
/**te 90 lines to /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/sub_custom.cpp
Waiting.../Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/samples/add_custom/data_utils.h
(No content)
Write(/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/main.cpp)
/**te 120 lines to /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/main.cpp

Write(/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/CMakeLists.txt)
cmake_minimum_required(VERSION 3.16)s/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/CMakeLists.txt

Write(/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/scripts/gen_data.py)
#!/usr/bin/python3/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/scripts/gen_data.py

Write(/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/scripts/verify_result.py)
#!/usr/bin/python3/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/scripts/verify_result.py

```



- 算子开发过程容器内执行构建和测试

Agent 启动容器和执行正常，遇到错误会自行分析并解决错误

```
/Users/wangbo/codes/agent-spike/ascendc_agent
Waiting...ker --version)
Docker version 28.5.1, build e180ab8
Waiting...ker images | grep ascendhub)
swr.cn-south-1.myhuaweicloud.com/ascendhub/cann 8.3.rc1.alpha002-910b-ubuntu22.04-py3.11
Waiting...ker run -v /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent:/ascendc_agent -w timeout: 10m
Error: [ERROR]: RUN_MODE error, This sample only support specify cpu or npu!
Read(file_path: "/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/run.sh", limit: 60)
Read 60 lines
Update(/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/run.sh)
14 + OPTS=$(getopt -a --options $SHORT --longoptions $LONG -- "$@")prefix:,data-type:,on and 1 removal
Waiting...ker run -v /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent:/ascendc_agent -w timeout: 10m
Error: /ascendc_agent/ops/sub_custom/main.cpp: In function 'int32_t main(int32_t, char**)':
Update(/Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent/ops/sub_custom/main.cpp)
34 - kernelName = "sub_custom_float";bf(float);sub_custom/main.cpp with 3 removals
Waiting...ker run -v /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent:/ascendc_agent -w timeout: 10m
[INFO]: Current compile soc version is Ascend910B
Waiting...ker run -v /Users/wangbo/Codes/agent-spike/ascendc_agent:/ascendc_agent -w timeout: 10m
[INFO]: Current compile soc version is Ascend910B
```

- 算子开发任务正常完成

目前 验证 Agent 基于样例代码和文档，可自行完成 sinh（算法变化）和 sub\_custom（数据类型变化：float, float16）的开发、构建和测试；

对于 sub\_custom 要求只是多类型，可以调整实现 kernel 函数为模板函数，且自动生成两种不同数据类型的测试用例，完成测试；

对于 sinh，Agent 可以搜索对应的基础 API 文档，找到 exp 接口，使用 exp 接口完成对应数学逻辑的代码开发，会调用 TBuf 进行临时 tensor 的创建和使用；

#### Development Summary

**Operator:** `sub_custom` - Element-wise subtraction operator  
**Location:** `ops/sub_custom/`

#### Key Features:

- ☒ **Dual Data Type Support:** Both float16 and float32
- ☒ **Element-wise Operation:**  $z = x - y$  for tensors of any shape
- ☒ **Template-based Kernel:** Efficient implementation supporting multiple data types
- ☒ **SPMD Programming:** 8-core parallel processing
- ☒ **Double Buffering:** Optimized data pipeline

#### Testing Results:

- **Float16:** ☒ All 16,384 elements matched (0 errors)
- **Float32:** ☒ All 16,384 elements matched (0 errors)

#### Files Created:

- `sub_custom.cpp` - Ascend C kernel function
- `main.cpp` - Host application
- `SubCustom.json` - Operator prototype
- `CMakeLists.txt` - Build configuration
- `run.sh` - Build/test script
- Test data generation and verification scripts

The operator has been fully implemented, built, and tested in the Docker environment. All data types are working correctly with zero verification errors. The development process followed Huawei Ascend C best practices and is recorded in the `logs/sub_custom/` directory for future complexity evaluation.

- 算子开发过程的记录

可以按照要求记录开发过程到 logs 目录下的 markdown 文件中，内容比较详细，细节也很多，但是哪些对度量有价值，需要进一步详细分析；

## 开发度量能力

评估 Agent 可以按照要求进行评估输出，但是目前缺乏度量模型，评估 Agent 仅仅是做了通用的分析，需要细化指标和参照基线。

**sinh** 算子开发过程的评估输出结果样例：



The complexity evaluation agent has completed its analysis of the sinh operator development findings:

## Sinh Operator Development Complexity Evaluation

Overall Complexity Score: 6/10

### Key Findings:

#### ✅ Strengths:

- Well-structured development process following operator lifecycle
- Successful kernel compilation with proper Ascend C API usage
- Comprehensive test infrastructure with data generation and verification
- Good context efficiency (71.7k tokens for complete development)
- Minimal external dependencies and network resource usage

#### ⚠️ Challenges:

- Environment-related linking issues prevented full testing
- Moderate Ascend C API learning curve for memory management
- Build system configuration complexity
- Several failure retries during development

#### 📊 Detailed Analysis:

- File Access: 10 files created/modified with sequential development pattern
- Tool Usage: 41 tool calls with high success rate
- Failure Resolution: 4 key issues identified and resolved efficiently
- Development Time: 28 minutes for complete operator lifecycle

#### 🔧 Optimization Recommendations:

1. Template-based development for common operator patterns
2. Enhanced environment validation scripts
3. Standardized CMake configurations for unary operators
4. Better error handling for common Ascend C API issues

The evaluation confirms that while the sinh operator development faced some environmental challenges, it was overall successful and followed best practices for Huawei CANN Ascend C operator development.

The development process provides valuable insights for improving future operator development, particularly in environment management and template-based acceleration.

# 问题发现

## Ascend C 本身对 Agent 不够友好的地方（会造成 Agent 失败率上升）

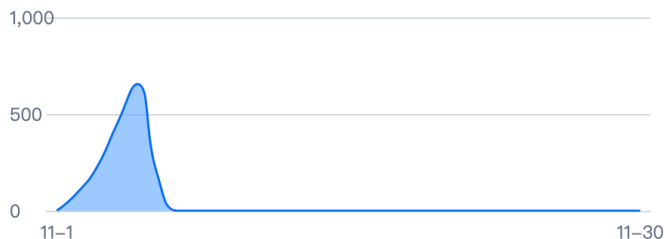
- 在线文档的 URL，Agent 无法通过 WebFetch/WebSearch 访问，会失败（在线文档反爬虫，或者需要权限）
- 在线文档太散，为了搜索 Ascend C 基础API， Agent 需要翻阅的文档太多（没有 API 一页纸文档）；
- 工具的参考手册，也不够内聚，内容太散（缺乏一页纸的说明）；
- 需要本地文档化的 markdown 格式的一页纸的 API 手册，工具手册。
- 在线文档中的很多图片，模型不易处理（缺乏 DSL 图，如 mermaid）；
- 在线文档存在很多不一致问题：文档中的样例代码，与前面的环境版本，构建方式不一致；
- 文档中第一个 hello world 就有问题，编译不过；文档中有错误，且和前面的环境版本没有对齐；
- 在线文档中各种工程模式（直调、自定义工程、ACLNN），构建方式（毕昇插件、新旧 CMake 工程），方式太多，混杂在一起，很容易混淆；
- Sample 仓内容太多太散，不同类型工程模式混在一起，Agent 很难聚焦参考，容易混淆；
- 容器环境也需要先设置环境变量，应该内置进容器中，否则 Agent 每次重新进入容器得要先设置环境变量；
- 文档接入 context7 等主流在线文档查阅的 MCP 中；

## 当前的 Agent 工程问题

- 目前支持的工程类型简单（独立的 kernel 实现文件，main函数通过 acl 接口调用）
- 构建和测试环境使用的 docker版本，没有走真实 NPU 执行验证；
- Agent 生成算子用例，采用的是最简单的 vector 类算子，没有测试其它维度的变化，如尾块处理、tiling切分, 动态 shape, cube 和融合算子、硬件差异（目前最大的工作的是重整资料和样例）。
- 算子开发 Agent 对开发过程的上下文按照要求 dump 在一个 markdown 文件中，内容比较多，哪些对度量分析有价值，需要详细分析；
- 算子开发过程中，执行本地 shell 命令的时候，需要用户敲回车同意，会打断自动化，后续验证好后可以在沙盒中执行，开启免授权模式。
- 度量 Agent 目前只是简单的进行分析，没有具体的度量模型，以及对比能力。
- 当前的验证主要是基于 Claude Code + Deepseek V3.2，后续需要评估可使用的 Agent Framework 和模型 API；
- AI Agent 对 token 的消耗是比较大的，几天的验证工作，调用模型 API 1600+ 次，消耗 token 51,923,051，耗费 ¥16+；

deepseek-chat

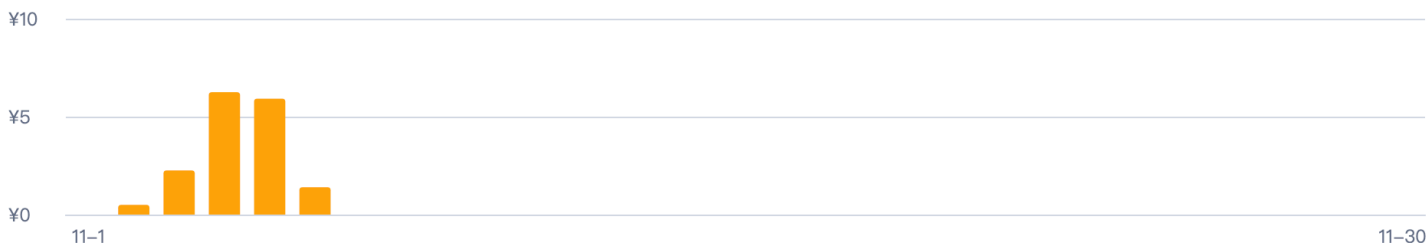
API 请求次数 1,609



Tokens 51,863,606



消费金额 ¥16.32



## 初步结论

- 经过验证，使用前沿 AI Coding Agent（Claude Code，Codex CLI等），结合国产前沿模型 API，AI Agent 具备辅助开发 Ascend C 算子的潜力；
- 当前主要的瓶颈点不在模型，而在于在线文档、API、工具手册、执行环境等如何能够面向 Agent 进行优化；
- 配置和优化好的 Ascend C Coding Agent 具备端到端参考文档和样例，完成简单算子的一键式开发，对开发过程进行完整记录，用于对开发过程进行评估度量，是可行的；
- 度量需要有度量模型和指标，以及需要有参考基线，这里需要设计；

## 后续工作

- 完善面向 Agent 的文档和样例，继续优化 Agent 工程，提高 Agent 在指定用例下端到端算子开发的成功率；
- 解决 Agent 对过程的记录问题，做到能够完整的过程记录；
- 优化评估 Agent 的配置，能够输出更有效的评估度量结果；
- 尝试使用公司允许的 Agent 框架和模型 API 进行工程适配；
- 完善整个 Agent 配置，将其工程化，可以配置测试用例，Agent 工作历史可以自动清理，支持测试重入，稳定输出结果；