



中国科学院大气物理研究所
大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室

重构海洋环流模式研究进展

林鹏飞

感谢郭红，张爱清，普业等鼎力相助

北京，2011年11月



主要内容

- 研究内容回顾及年初设定的进度安排
- 海洋环流模式**LICOM**在**J-Earth**的重构进展
- 进展小结与下一步工作

LICOM重构到JEarth 框架

- 面向海洋环流模式，研究基于经纬度结构网格地球系统模式并行应用框架JEarth的标准化接口，制定针对海洋环流模式的模块化数据结构，开发适应于海洋环流模式的动态负载均衡模型和并行IO算法
- 与课题四合作，把现有的LICOM模式重构到JEarth并行自适应框架中，开发高分辨率的海洋环流模式

进度安排

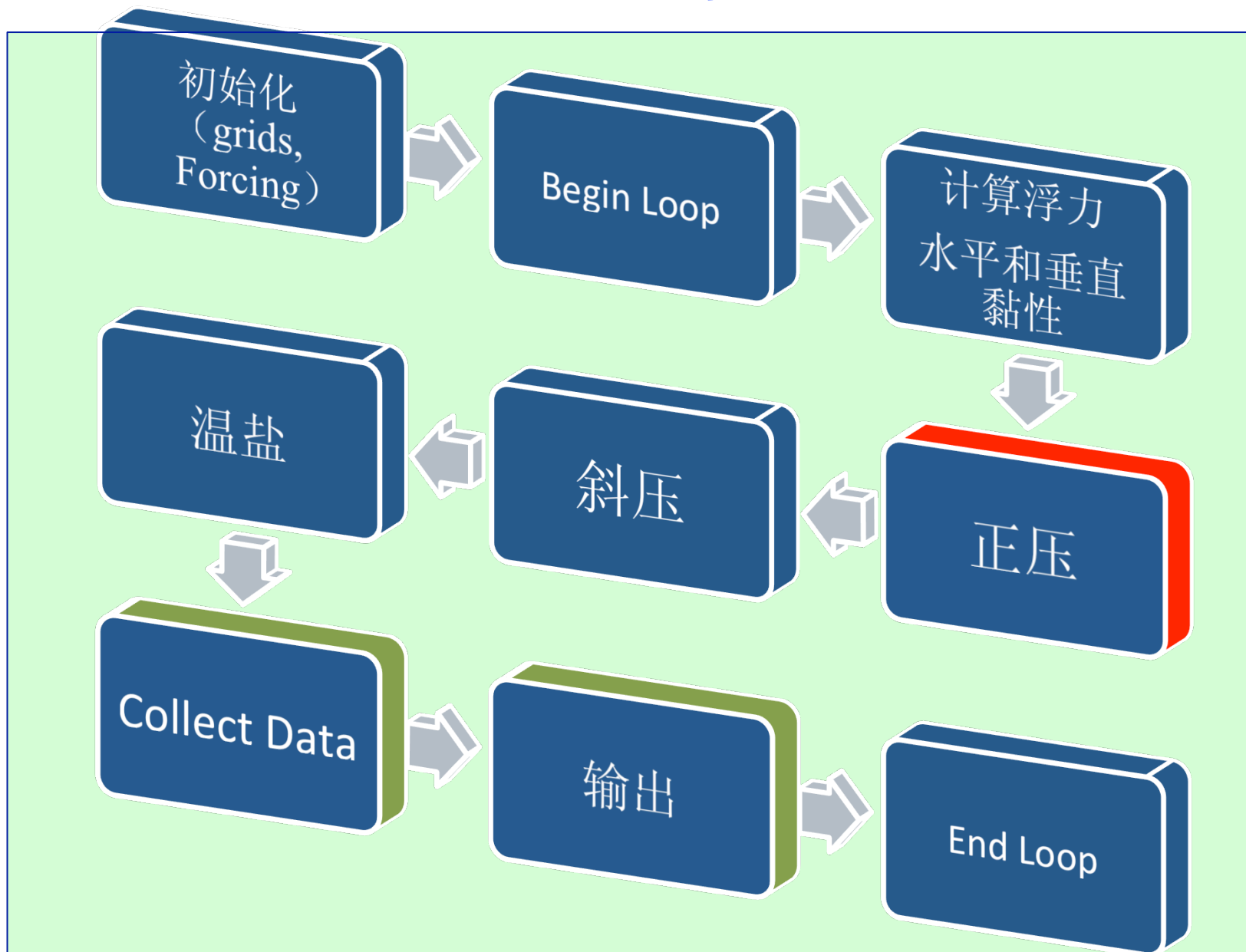
- ✓2010年 研究并行应用框架**J-Earth**针对海洋环流模式的标准接口、数据结构、负载均衡模型。
- ✓2011年 重构**LICOM**到并行应用框架**J-Earth**上，保证计算的正确性。使模式具有自动二维剖分，动态负载均衡及并行**IO**的新功能。
- ✓2012年 扩展海洋环流模式的并行规模，使之能够使用上**1000**个处理器核，同时并行效率不低于**30%**，构建高分辨率海洋环流模式。



主要内容

- 研究内容回顾及年初设定的进度安排
- 海洋环流模式**LICOM**在**J-Earth**的重构进展
- 进展小结与下一步工作安排

LICOM 程序流程



实现过程

- JASMIN框架管理LICOM中的绝大部分数据结构，分离原有LICOM数据。
- 程序计算主要在原来LICOM实现，通过调用子程序形式完成
- 改写时间推进流程，在框架中直接实现海洋正压过程
- 分解LICOM子程序：斜压和温盐
- 框架统一处理周期边界，简化原有LICOM中周期边界处理，同时填充南北边界

正确性

- ✓ 在现有过程条件下，在**JEarth**下串行模拟的空间场与原有**LICOM**程序高度一致，两个变量之间仅在舍入误差后有差异
- ✓ 模式采用并行方式，目前能够保证在**JEarth**下模拟的全球能量与原有**LICOM**一致，其他物理变量如海表高度，温盐还需进一步检验并保持一致。

重构前后LICOM性能差异

每个时间步耗时	串行 (PC机)	6CPU (大型机)	10CPU (大型机)	20CPU (大型机)	32CPU (大型机)	96CPU (大型机)
LICOM+ 1D纬向剖	70S	2S	1.2S	0.5S	0.3S	0.15S
JASMIN +LICOM 1D纬向剖	73S	1.5S	1.8S	2.2S	2.5S	4.5s
JASMIN +LICOM 2D剖	73S	1.7S	1.9S	1.8S	2.0S	3.6S

JEarth下LICOM与原有LICOM比较

	试用CPU 理论个数	输出方式	剖分方式	负载均衡	大规模可 视化	重启动
LICOM	196个	Netcdf	仅1D	无负载 平衡	不支持	支持串 行
J+ LICOM	超过 1000个	Hdf5	1D, 2D 均可	支持动 态平衡	支持 Javis	支持并 行重启 动



主要内容

- 研究内容回顾及年初设定的进度安排
- 海洋环流模式**LICOM**在**J-Earth**的重构进展
- 进展小结与下一步工作

小结

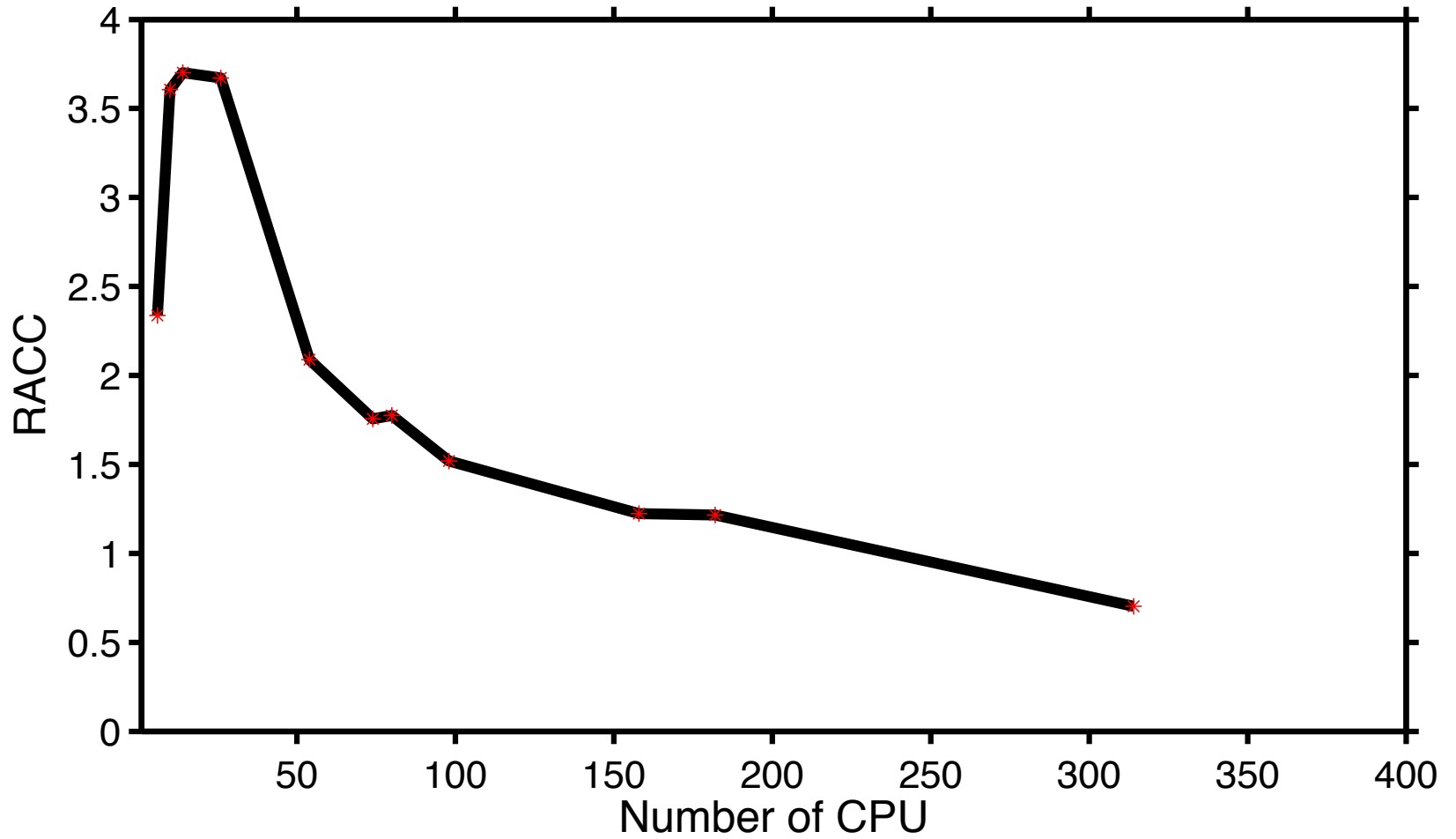
- ✓ 重构粗分辨率LICOM到并行应用框架J-Earth，部分过程有待完善
- ✓ 模式具备自动二维剖分功能
- ✓ 计算结果正确，串行结果和原有结果一致
- ✓ 部分实现了并行IO
- ✓ 并行规模至少扩大10倍，能够使用1000核处理器，加速比或性能有待提高

下一步工作

- ✓ 完善其他过程
- ✓ 提高并行效率，不低于30%，达到项目要求
- ✓ 更加灵活实现并行IO
- ✓ 调试高分辨率海洋环流模式

谢谢！

加速比



LICOM重构到J-Earth 框架的难点

- **C++和Fortran混编**：JASMIN框架采用C++编写，而LICOM模式采用Fortran计算机语言编写，需采用C++与Fortran混编的方式进行编写。
- **数据通信及内存管理**：J-Earth框架统一进行MPI数据通讯和内存的管理，可提高运算的效率和避免混乱内存分配。基于J-Earth框架，LICOM模式中数据通讯和内存块都要重新放置JASMIN框架中。
- **构件的实现**：J-Earth框架是通过初始化，内存以及数值等积分构件组成整个计算系统。LICOM重构到JASMIN框架上，就是应用LICOM的数值算法逐个实现J-Earth框架所需的积分构件。

重构前后LICOM性能差异

每个时间步 耗时	串行 (PC机)	6CPU (大型 机)	10CPU (大型 机)	20CPU (大型 机)	32CPU (大型 机)	96CPU (大型 机)
LICOM+1D 纬向剖分	70S	2S	1.2S	0.5S	0.3S	0.15S
JASMIN +LICOM 1D纬向剖分	73S	1.5S	1.8S	2.2S	2.5S	4.5s
JASMIN +LICOM 2D剖分	73S	1.7S	1.9S	1.8S	2.0S	3.6S

每个时间步 耗时	串行 (PC机)	6CPU (大型 机)	10CPU (大型 机)	20CPU (大型机)	32CPU (大型机)	96CPU (大型机)
LICOM+1D 纬向剖分	70S	2S	1.2S	0.5S	0.3S	0.15S
JASMIN+1D纬 向剖分	73S	1.5S	1.8S	2.2S	2.5S	4.5s