



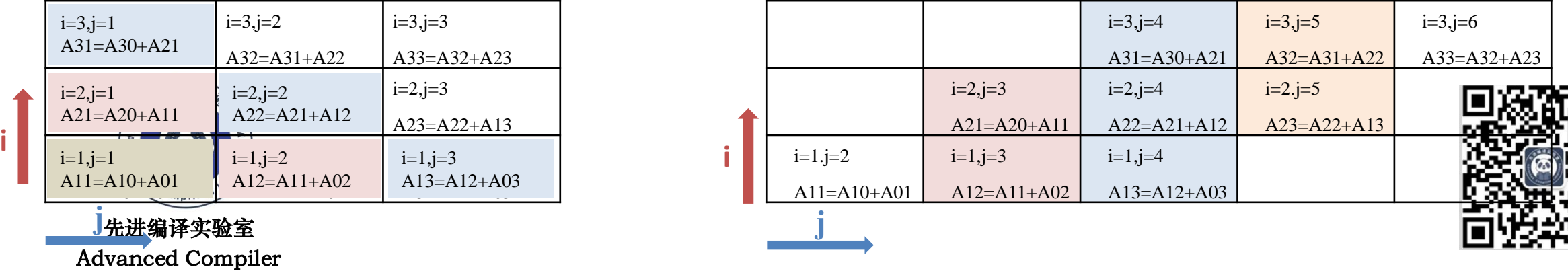
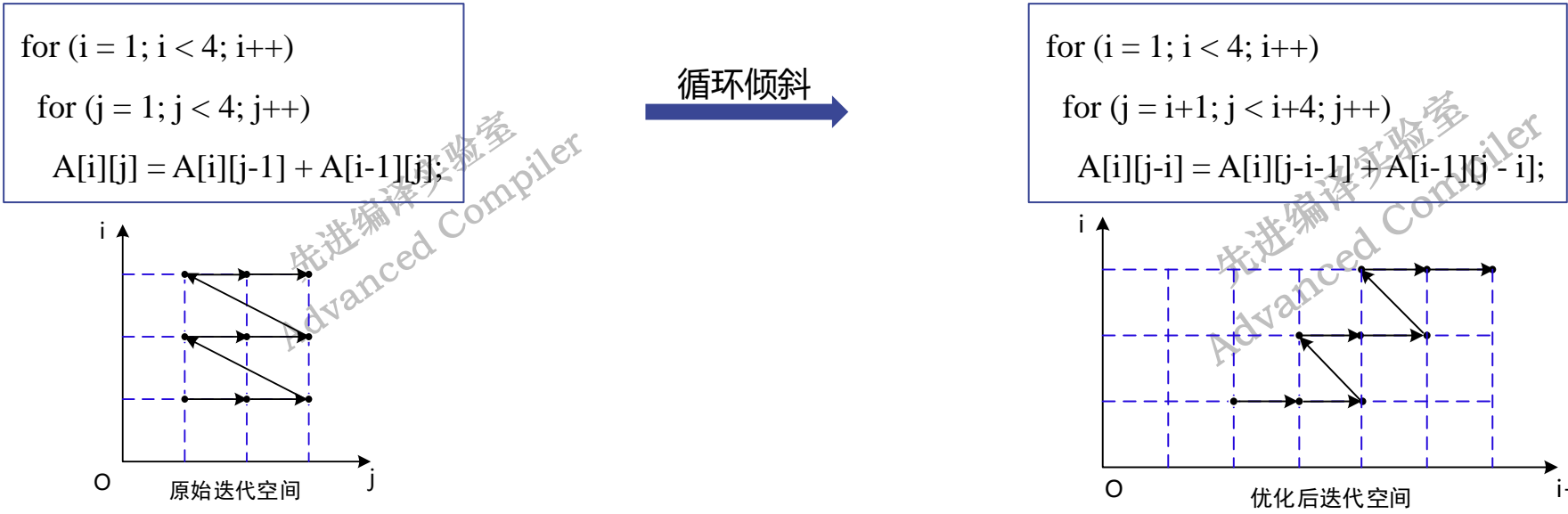
循环优化系列第九讲

循环倾斜

嘉宾：柴赞达

基础概念

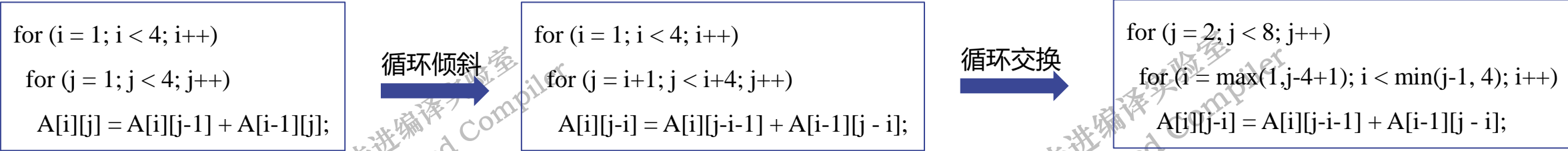
循环倾斜是一种改变迭代空间形式的变换，用于挖掘循环中的并行潜能的优化方式，可以把存在的并行性用传统的并行循环的形式表示出来。





基础概念

循环倾斜是一种改变迭代空间形式的变换，用于挖掘循环中的并行潜能的优化方式，可以把存在的并行性用传统的并行循环的形式表示出来。



		i=3,j=4 A31=A30+A21	i=3,j=5 A32=A31+A22	i=3,j=6 A33=A32+A23
	i=2,j=3 A21=A20+A11	i=2,j=4 A22=A21+A12	i=2,j=5 A23=A22+A13	
i=1,j=2 A11=A10+A01	i=1,j=3 A12=A11+A02	i=1,j=4 A13=A12+A03		

j



i



		j=6,i=3 A33=A32+A23
	j=5,i=2 A23=A22+A13	j=5,i=3 A32=A31+A22
j=4,i=1 A13=A12+A03	j=4,i=2 A22=A21+A12	j=4,i=3 A31=A30+A21
j=3,i=1 A12=A11+A02	j=3,i=2 A21=A20+A11	
j=2,i=1 A11=A10+A01		



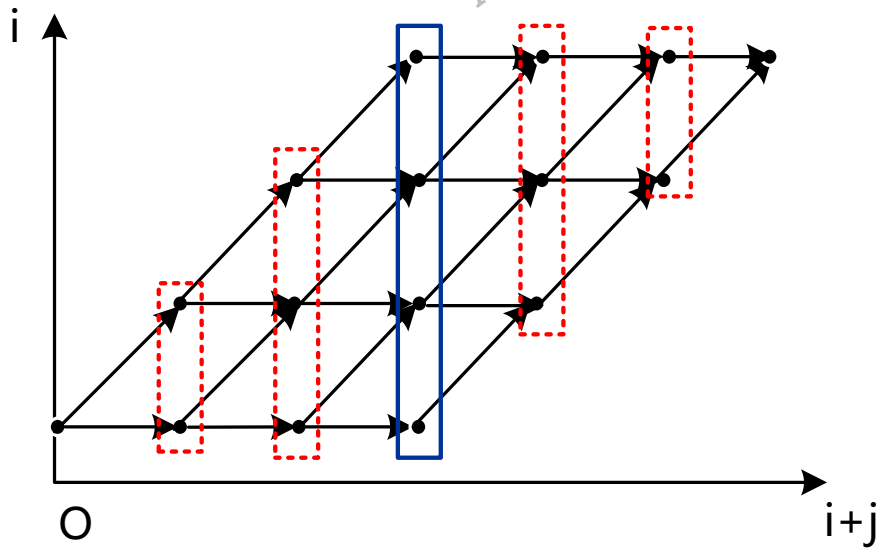


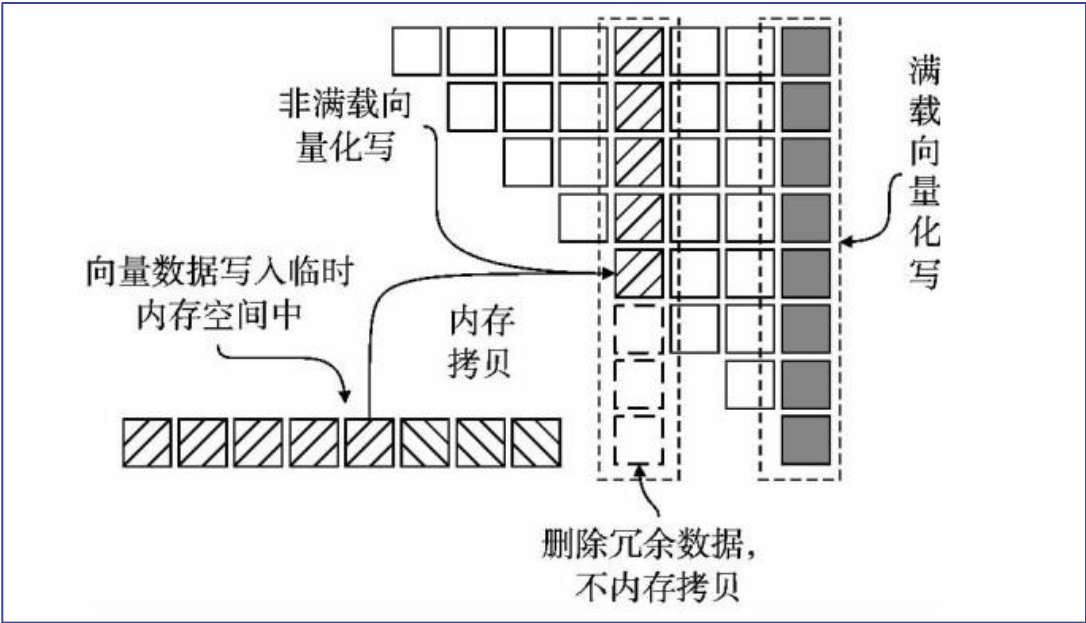
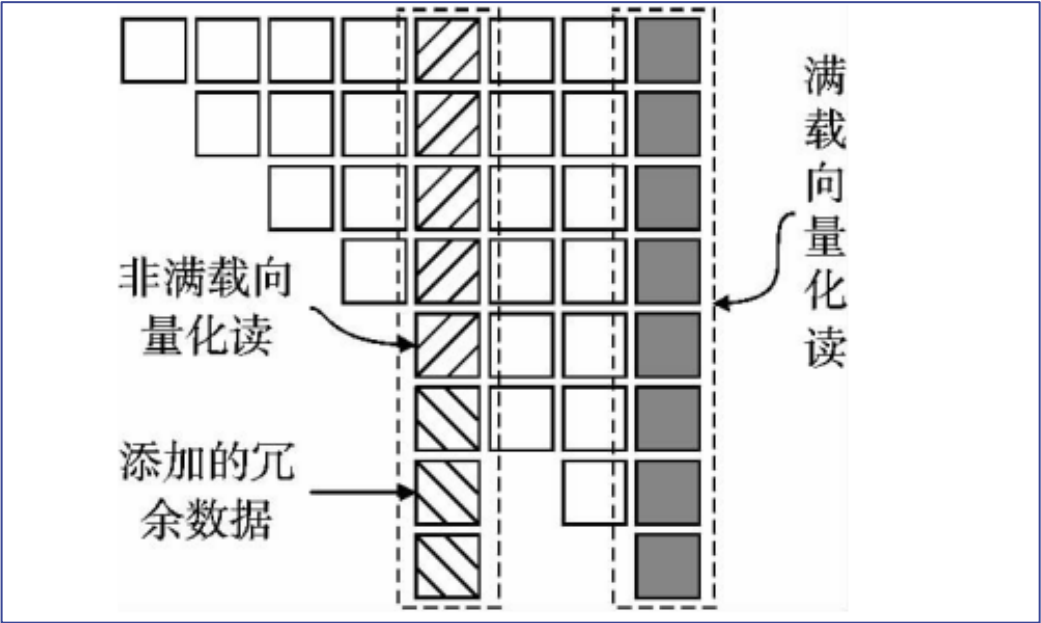
变换方式

```
for (i = 1; i < N; i++)  
  for (j = 1; j < N; j++)  
    A[i][j] = A[i - 1][j] + A[i][j - 1];
```

循环倾斜

```
for (j = 2; j < 2 * N; j++)  
  for (i = max(1, j - N + 1); i < min(N, j); i++)  
    A[i][j - i] = A[i - 1][j - i] + A[i][j - i - 1];
```







循环倾斜

- 三层嵌套的循环倾斜

```
N=16,M=64,L=64;
for (i = 2; i < N + 1; i++) {
    for (j = 2; j < M + 1; j++) {
        for (k = 1; k < L; k++) {
            A[i][j][k] = A[i][j - 1][k] + A[i - 1][j][k];
            B[i][j][k + 1] = B[i][j][k] + A[i][j][k];
        }
    }
}
```

循环倾斜

```
for (i = 2; i < N + 1; i++) {
    for (j = 2; j < M + 1; j++) {
        for (k = i + j + 1; k < i + j + L; k++) {
            A[i][j][k - i - j] = A[i][j - 1][k - i - j] + A[i - 1][j][k - i - j];
            B[i][j][k - i - j + 1] = B[i][j][k - i - j] + A[i][j][k - i - j];
        }
    }
}
```

循环交换

```
for (k = 2; k < M + L; k++)
    for (i = max(1, k - M - L - 1); i < min(N, k + L - 2); i++)
        for (j = max(1, k - i - L); j < min(M, k + i - 1); j++) {
            A[i][j][k - i - j] = A[i][j - 1][k - i - j] + A[i - 1][j][k - i - j];
            B[i][j][k - i - j] = B[i][j][k - i - j] + A[i][j][k - i - j];
        }
```



分享完毕，感谢聆听！



先进编译实验室
Advanced Compiler

参考文献：

- [1] Optimizing Compilers for Modern Architectures: A Dependence-Based Approach [Book Review][J]. Computer, 2002, 35(4).
- [2] 多面体编译理论与深度学习实践. 赵捷, 李宝亮. 清华大学出版社. 2022.
- [3] 陈华军, 王琦, 洪超等. 基于全局数据重组的循环倾斜优化[J]. 计算机与现代化, 2017, No. 262(06): 45-49.



先进编译实验室
Advanced Compiler

