

# User Guide of Cutlib

Cut Information Library

Ver. 3.1.5

Advanced Institute for Computational Science

**RIKEN**

<http://www.aics.riken.jp/>

September 2013



---

Edition	Version 3.1.5	15 Sep.	2013
	Version 3.1.4	20 July	2013
	Version 3.1.3	15 July	2013
	Version 3.1.2	6 July	2013
	Version 3.1.1	3 July	2013
	Version 3.1.0	2 July	2013
	Version 3.0.1-beta	9 Jun.	2013
	Version 3.0.0-beta	25 Feb.	2013
	Version 2.0.3	21 Apr.	2012
	Version 2.0.2	12 May	2011
	Version 2.0.1	9 May	2011
	Version 2.0.0	10 Nov.	2010
	Version 1.0.0	28 Apr.	2010

**(c) Copyright 2007-2011**

VCAD System Research Program, RIKEN. All rights reserved.

2-1, Hirosawa, Wako, 351-0198, JAPAN.

**(c) Copyright 2012-2013**

Advanced Institute for Computational Science, RIKEN. All rights reserved.

7-1-26, Minatojima-minami-machi, Chuo-ku, Kobe, 650-0047, JAPAN.

# 目次

第 1 章	Cutlib の概要	1
1.1	概要	2
1.2	用語の定義	2
1.2.1	計算基準点, 計算基準線分	2
1.2.2	交点情報, 交点座標値, 境界 ID	2
1.2.3	Octree	3
1.3	本ライブラリの担当範囲	3
1.4	本ライブラリの提供機能	4
1.5	ヘッダファイルおよび名前空間	4
1.6	ライセンス	4
1.7	リポジトリ	4
第 2 章	データ構造	5
2.1	境界 ID と交点探索方向	6
2.2	交点情報格納用データ構造	6
2.2.1	基本データ型	6
	方向別アクセス関数	8
	6 方向同時アクセス関数	8
2.2.2	配列ラッパクラス	8
	コンストラクタ	9
	データ配列ポインタ取得メソッド	10
	方向別アクセスメソッド	10
	6 方向同時アクセスメソッド	10
	計算基準点開始インデクス取得	11
	配列サイズ関連メソッド	11
2.2.3	法線ベクトルデータ格納クラス	11
	コンストラクタ	12
	データ配列ポインタ取得メソッド	12
	方向別アクセスメソッド	13
	6 方向同時アクセスメソッド	13
	計算基準点開始インデクス取得	13
	配列サイズ関連メソッド	14
2.2.4	セルデータへのアクセッサクラス	14
	コンストラクタ	14
	SkCell データ領域に結合	15
	方向別アクセスメソッド	15

6 方向同時アクセスメソッド	15
必要領域サイズ取得メソッド	15
第 3 章 API 利用方法	16
3.1 共通インタフェース	17
3.1.1 計算対象ポリゴングループと境界 ID の指定方法	17
3.1.2 ポリゴンデータの整合性	18
ポリゴンデータ修復関数	18
3.1.3 グリッド情報と計算基準点情報の指定方法	18
3.1.4 計算領域指定方法	20
デフォルト計算領域	20
計算対象領域の限定	20
3.1.5 リターンコード	20
3.2 交点情報計算関数 インタフェース	21
3.2.1 直交格子版インタフェース	21
3.2.2 Octree 版インタフェース	21
3.3 使用例	23
3.3.1 直交等間隔格子, セル中心間	23
3.3.2 直交等間隔格子, セル中心間, 法線ベクトル記録	24
3.3.3 Octree 版: リーフセルのみで計算	25
3.3.4 Octree 版: 全セルで計算	26
第 4 章 クラス設計情報	28
4.1 直交等間隔格子版, Octree リーフセル版	29
4.1.1 ポリゴン検索範囲	29
4.1.2 交点の存在判定	29
4.1.3 三角形の内点判定	30
4.1.4 交点座標の計算	30
4.2 Octree 全セル版	31
4.2.1 ポリゴンのカスタムリスト	31
4.2.2 カスタムポリゴンリストのコピー	31
4.2.3 交点情報の計算	31
第 5 章 アップデート情報	32
5.1 アップデート情報	33
索引	35

## 第 1 章

# Cutlib の概要

本ユーザーガイドでは、3 次元直方体領域に存在するポリゴン群に対して、背景にある直交格子 (等間隔、8 分木) との交点情報を計算するライブラリについて、その機能と利用方法を説明します。

## 1.1 概要

本 Cutlib ライブラリは、背景格子とポリゴンの交点情報を計算し、管理する機能を提供します。対象とする背景格子のデータ構造には、直交等間隔格子と Octree の 2 種類があります。直交等間隔格子については、変数配置がセル中心とノード点の両者に対応できます。Octree については、リーフセルに対してのみ計算するインターフェイスと全ノードを対象とするインターフェイスの 2 種類を提供します。

本ライブラリは、ポリゴン管理ライブラリ Polylib と併用することを前提としています。

本ドキュメントの構成は以下のとおりです。この節の残りの部分で、本ライブラリで用いる用語の定義、そして本ライブラリの提供する機能の概略を述べます。続く 2 章で、基本的なデータ構造について説明します。3 章では、交点情報を計算する関数群のインタフェースを説明し、その使用例を示します。4 章ではクラス設計情報について解説します。

## 1.2 用語の定義

### 1.2.1 計算基準点、計算基準線分

隣接するセル中心を結ぶ線分、または、隣接するノード間を結ぶ線分を計算基準線分、その両端の点を計算基準点と呼ぶことにします。本ライブラリでは、計算基準点毎に、6 方向 ( $\pm x, \pm y, \pm z$ ) の計算基準線分を横切るポリゴンの存在を調べます。そしてポリゴンが存在したなら、各方向毎に、最も計算基準点に近い交点を持つポリゴンについての情報 (交点情報) を記録します。したがって一般には、計算基準線分の両端の基準点では、違う交点情報が記録されることになります。各計算基準点毎に、交差したポリゴンが存在しなかったならその情報も含めて、6 組の交点情報が記録されます。

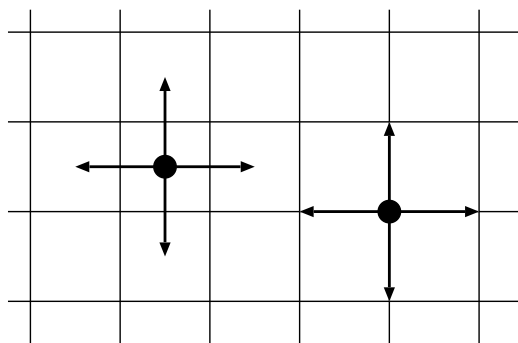


図 1.1 計算基準点 (黒丸) と計算基準線分 (矢印), 左:セル中心間, 右:ノード点間

### 1.2.2 交点情報、交点座標値、境界 ID

交点情報としては、交点座標と境界 ID を記録します。交点座標値は、本ライブラリでは、図 1.2 に示すように計算基準点から最短ポリゴン交点までの距離を計算基準線分長 (等間隔格子の場合は格子幅  $d$ ) で規格化した値として定義します。特に計算基準線分上にポリゴン交点が存在しなかった場合には、交点座標値を 1.0 (無次元の格子幅) と記録します。境界 ID は、複数のポリゴン集合 (ポリゴングループ) を識別する ID で、1 ~ 255 の整数をとります。計算基準線分上にポリゴン交点が存在しなかった場合には、境界 ID として 0 を記録します。

Cutlib バージョン 3 以降では、オプションとして、直交等間隔格子における交点位置でのポリゴン法線ベクトルを記

録できるようになりました。

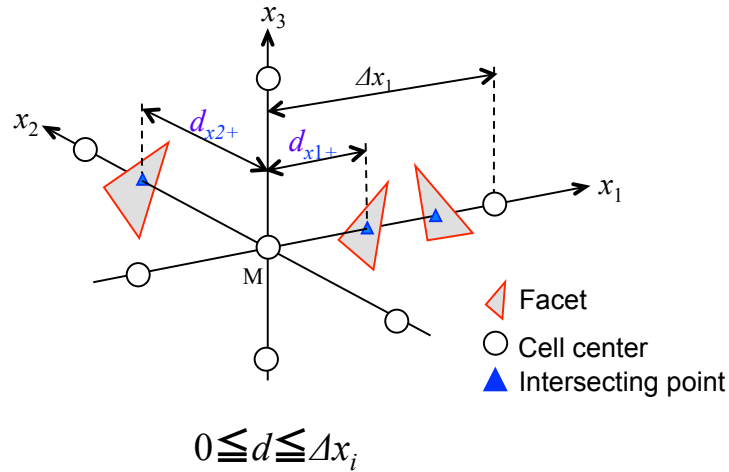


図 1.2 各軸方向の交点計算．計算基準点として Cell center を示す．

### 1.2.3 Octree

本ライブラリは，Octree による木構造セルの交点情報計算にも対応します．対象となるデータ構造は，直交等間隔分割されたセルをルートとして（ルートセル），各ルートセルに木構造を持たせたものです．各ルートセルを 8 分割して，それを子セルとします．各子セルに対して，さらにそれを 8 分割して子セルの子セルとします．この操作を再帰的に繰り返し，木構造を構築していきます．分割を停止した，すなわち子セルを持たないセルを，リーフセルと呼びます．

## 1.3 本ライブラリの担当範囲

ポリゴン交点情報を実際に計算するには，以下の手順が必要です．

1. Polylib クラス（並列プログラムの場合は MPIPolylib クラス）のインスタンスを生成
2. 交点計算の対象となるポリゴングループを Polylib のグループ管理ツリーに登録
3. 対象ポリゴンデータの読み込み
4. ポリゴン交点情報の計算

これらの手順のうち，本ライブラリは 4 の部分のみを担当します．本ライブラリが提供するポリゴン交点情報計算関数は，上記 1～3 までの操作を終了した Polylib クラスのポインタを引数として受け取ります．

Octree データ構造では，SkITree クラスにより既にツリー構造が構築済みであるものとします．

本ライブラリ自身は，MPI によるプロセス並列化はなされていません．ただし，交点情報計算関数の引数として，Polylib クラスではなく，MPIPolylib クラスへのポインタを受け取ることにより，領域分割並列計算に対応できます．その場合には，交点計算の対象として，並列プロセス毎の分割済み空間情報（グリッド情報，Octree 情報）を交点情報計算関数に渡す必要があります．

なお，直交等間隔格子に対する交点情報計算関数は，OpenMP によるスレッド並列化がなされています．

## 1.4 本ライブラリの提供機能

**交点情報計算関数** 直交等間隔格子版, Octree 版の各関数を提供します。Octree 版では, 計算基準点として, リーフセルのみとするか, 全ツリー階層の全セルとするかを選択できます。

**グリッド情報アクセッサクラス** 直交等間隔格子版の交点情報計算関数には, 背景格子の情報と計算基準点の位置 (セル中心またはノード点) をグリッド情報アクセッサクラスを経由して渡します。

**交点情報格納用データ構造** メモリ削減のために, 交点座標値を 8 ビット圧縮して格納することができます。また, 境界 ID の最大値が 31 以下の場合には, それを利用して境界 ID も圧縮格納することができます。直交等間隔格子版では, 得られた交点情報は, 圧縮の有無にかかわらず, Fortran サブルーチンからも読み出し可能な形式で 1 次元配列に格納されます。

**配列ラッパクラス** 直交等間隔格子版では, 交点情報格納用配列を直に扱わず, 交点計算情報計算関数にはそれらをオブジェクトとして操作可能とした配列ラッパクラスを渡します。

**Octree セルデータへのアクセッサクラス** Octree 版では, SklCell クラス内のデータ領域へのアクセスを容易にするため, アクセッサ提供クラスを用意しました。

## 1.5 ヘッドファイルおよび名前空間

本ライブラリの各機能を利用するには, ヘッドファイル Cutlib.h をインクルードする必要があります。また, 本ライブラリが提供する関数, クラス, 定数は, 全て名前空間「cutlib」内で定義されています。本ドキュメントの以降の記述では, スコープ解決演算子「cutlib::」を省略しています。実際の利用時には, using 文で cutlib 名前空間の使用を宣言するか, 各キーワードの前に明示的にスコープ解決演算子をつける必要があります。

## 1.6 ライセンス

Cutlib は, バージョンにより以下の 2 つのライセンスの適用となります。

- Version 1.0 ~ 2.x  
理化学研究所 VCAD ライセンス <http://vcad-hpsv.riken.jp/>
- Version 3.0 以降  
修正 BSD ライセンス (2 条項)

## 1.7 リポジトリ

公開リポジトリは以下になります。

<https://github.com/avr-aics-riken/Cutlib>



## 第 2 章

# データ構造

本章では、本ライブラリの交点情報計算関数を使用するにあたり理解しておく必要がある、データ構造について説明します。それらは、基本データ型、直交等間隔格子における配列ラッパクラス、Octree におけるセルデータへのアクセッサクラスからなります。また、バージョン 3 より追加された、直交等間隔格子における交点位置での法線ベクトル情報を記録するためのデータ構造についても、本章で説明します。

## 2.1 境界 ID と交点探査方向

単独の境界 ID を扱う型として、次のように BidType 型を定義しています。

```
typedef unsigned char BidType;
```

交点の探査方向には、以下の順に 0~5 の整数値が割り当てられています。

0:  $-x$ , 1:  $+x$ , 2:  $-y$ , 3:  $+y$ , 4:  $-z$ , 5:  $+z$

## 2.2 交点情報格納用データ構造

ここでは、以下の 3 つのデータ構造について説明します。

**基本データ型** 計算基準点における 6 方向分の交点情報 (交点座標, 境界 ID) を格納する型

**配列ラッパクラス** 直交等間隔格子版の交点情報計算関数で使用する、基本データ型配列を内部に持つクラス

**法線ベクトルデータ格納クラス** 直交等間隔格子版の交点情報計算関数で使用する、交点でのポリゴン法線データを格納するためのクラス

**セルデータへのアクセッサクラス** Octree 版で使用する、各セルデータ内の交点情報格納領域へのアクセッサを提供するクラス

### 2.2.1 基本データ型

基本データ型は、計算基準点における 6 方向分の交点情報を格納するための型です。これらの型は、Fortran サブルーチンからも読み取り可能なように設計されています。交点座標用、境界 ID 用に、それぞれ 2 種類の型があります。

交点座標基本データ型

**CutPos32 型** 交点座標を float(32 ビット) として格納 (図 2.1)

```
typedef float CutPos32[6];
```

**CutPos8 型** 交点座標を 8 ビット量子化し (値は 0~255), 3 つずつ, 2 つの 32 ビット整数に格納 (図 2.2)

```
typedef int32_t CutPos8[2];
```

境界 ID 基本データ型

**CutBid8 型** 0~255 の境界 ID(8 ビット) を 3 つずつ, 2 つの 32 ビット整数に格納 (図 2.3)

```
typedef int32_t CutBid8[2];
```

**CutBid5 型** 0~31 の境界 ID(5 ビット) を 6 つまとめて, 1 つの 32 ビット整数に格納 (図 2.4)

```
typedef int32_t CutBid5;
```

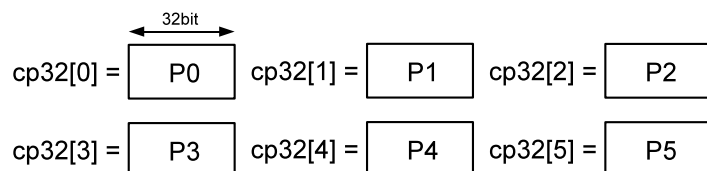


図 2.1 CutPos32 型変数 cp32 への交点座標 P0 ~ P5(32 ビット浮動小数点数) の格納

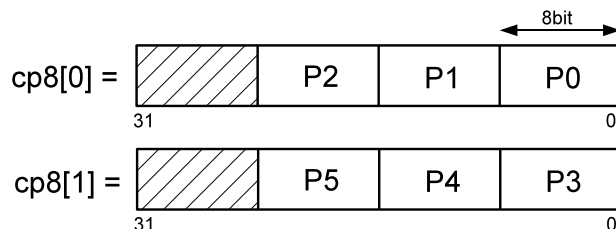


図 2.2 CutPos8 型変数 cp8 への交点座標 P0 ~ P5(8 ビット符号無し整数) の格納

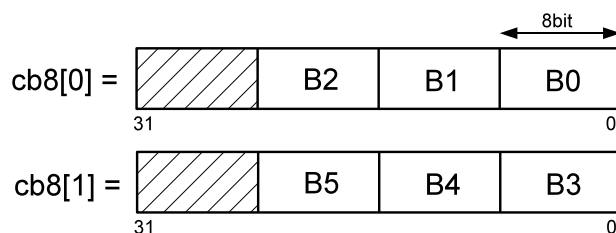


図 2.3 CutBid8 型変数 cb8 への境界 ID B0 ~ B5(8 ビット符号無し整数) の格納

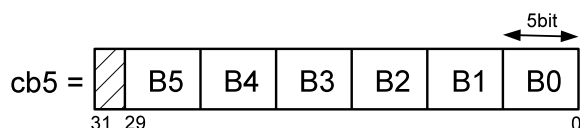


図 2.4 CutBid5 型変数 cb5 への境界 ID B0 ~ B5(5 ビット符号無し整数) の格納

以降，交点座標基本データ型の総称として **CutPos** 型，境界 ID 基本データ型の総称として **CutBid** 型，という表記をします．

直交等間隔格子版の交点情報計算関数では，得られた交点情報を，交点座標基本データ型と境界 ID 基本データ型の 2 つの 1 次元配列に格納します．計算基準点の個数を  $N_x \times N_y \times N_z$  とすると，計算基準点の位置  $(i, j, k)$  と 1 次元配列のインデックス  $ijk$  の間に以下の関係があります．

$$ijk = i + j \times N_x + k \times N_x \times N_y$$

それぞれの型およびその 1 次元配列について，以下のようなアクセス用関数を用意しました<sup>\*1</sup>．

<sup>\*1</sup> これらの関数はインライン関数として定義されています．

## 方向別アクセス関数

```
float GetCutPos(const CutPos& cp, int d)
float GetCutPos(const CutPos cp[], size_t ijk, int d)
BidType GetCutBid(const CutBid& cb, int d)
BidType GetCutBid(const CutBid cb[], size_t ijk, int d)
```

## 引数 (IN)

CutPos& cp	CutPos32 型または CutPos8 型
CutBid& cb	CutBid8 型または CutBid5 型
CutPos cp[]	CutPos32 型または CutPos8 型の配列
CutBid cb[]	CutBid8 型または CutBid5 型の配列
int d	交点探索方向 (0 ~ 5)
size_t ijk	1 次元配列インデックス

## 6 方向同時アクセス関数

```
void GetCutPos(const CutPos& cp, float pos[])
void GetCutPos(const CutPos cp[], size_t ijk, float pos[])
void GetCutBid(const CutBid& cb, BidType bid[])
void GetCutBid(const CutBid cb[], size_t ijk, BidType bid[])
```

## 引数 (IN)

CutPos& cp	CutPos32 型または CutPos8 型
CutBid& cb	CutBid8 型または CutBid5 型
CutPos cp[]	CutPos32 型または CutPos8 型の配列
CutBid cb[]	CutBid8 型または CutBid5 型の配列
size_t ijk	1 次元配列インデックス

## 引数 (OUT)

float pos[6]	交点座標
BidType bid[6]	境界 ID

## 2.2.2 配列ラッパクラス

直交等間隔格子版の交点情報計算関数の使用時には、基本データ型配列ではなく、それぞれの配列のラッパクラスを用います。

CutPos32Array	CutPos32 型配列のラッパクラス
CutPos8Array	CutPos8 型配列のラッパクラス
CutBid8Array	CutBid8 型配列のラッパクラス
CutBid5Array	CutBid5 型配列のラッパクラス

ともに、抽象クラス CutPosArray および CutBidArray を実装したものです<sup>\*2</sup>(図 2.5)．それぞれのクラスは、対応する基本データ型の 1 次元配列をメンバに持っています．また、その配列を Fortran ルーチンに渡せるように、配列へのポインタを得るためのメソッドを備えています．

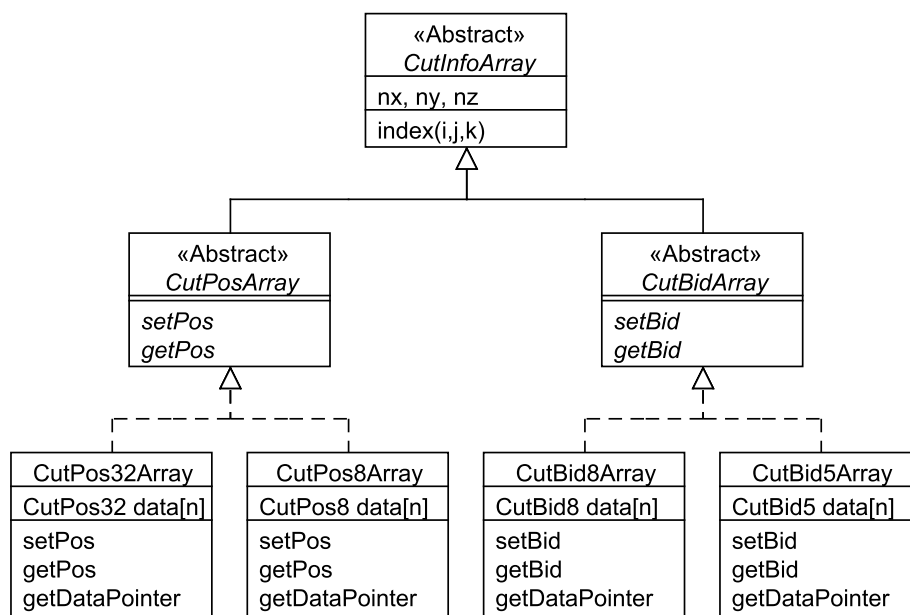


図 2.5 基本データ型配列のラッパクラス

以下の各メソッドの説明では、個々のクラス名の代りに、抽象クラス CutPosArray, CutBidArray を用いています．実際の使用時には、CutPosArray CutPos32Array 等、適宜置き換えてください．

### コンストラクタ

コンストラクタには、計算基準点の始点と終点を指定するタイプと、計算基準点の総数を指定するタイプの 2 種類あります．

計算基準点の始点と終点を指定:

```

CutPosArray::CutPosArray(int sx, int sy, int sz, int ex, int ey, int ez)
CutBidArray::CutBidArray(int sx, int sy, int sz, int ex, int ey, int ez)

```

### 引数 (IN)

int sx, sy, sz	計算基準点 始点インデクス
int ex, ey, ez	計算基準点 終点インデクス

交点計算範囲には終点インデクスも含まれます．各引数には負のインデクスも指定可能です．以下の説明で登場する各メソッドの 3 次元インデクス引数 i, j, k は、この始点と終点の間に収まるなら、負の値も指定できます．

3 次元インデクス i, j, k から基本データ型 1 次元配列の添字 ijk への変換は以下のように計算されます．

$$ijk = (i - sx) + (j - sy) * (ex - sx + 1) + (k - sz) * (ex - sx + 1) * (ey - sy + 1)$$

計算基準点の総数を指定:

<sup>\*2</sup> 実際には、基本データ型をパラメータを持つテンプレートクラスを通して定義されており、それぞれ、CutPosArrayTemplate<CutPos32>, CutPosArrayTemplate<CutPos8>, CutBidArrayTemplate<CutBid8>, CutBidArrayTemplate<CutBid5> を typedef したものになっています．

```

CutPosArray::CutPosArray(size_t nx, size_t ny, size_t nz)
CutPosArray::CutPosArray(const size_t ndim[])
CutBidArray::CutBidArray(size_t nx, size_t ny, size_t nz)
CutBidArray::CutBidArray(const size_t ndim[])

```

引数 (IN)

size_t nx, ny, nz	計算基準点数
size_t ndim[3]	計算基準点数

これらは、始点・終点指定タイプのコンストラクタにおいて、始点として  $sx=0, sy=0, sz=0$ 、終点として  $ex=nx-1, ey=ny-1, ez=nz-1$  等と指定した場合と同じです。

データ配列ポインタ取得メソッド

```

CutPos* CutPosArray::getDataPointer()
CutBid* CutBidArray::getDataPointer()

```

返り値は、クラス内部に保持している交点情報基本データ型配列へのポインタです。

注意 配列ラッパクラスのデストラクタが呼ばれると、その配列領域も開放されてしまうので注意してください。

方向別アクセスメソッド

```

float CutPosArray::getPos(int i, int j, int k, int d)
float CutPosArray::getPos(size_t ijk, int d)
BidType CutBidArray::getBid(int i, int j, int k, int d)
BidType CutBidArray::getBid(size_t ijk, int d)

```

引数 (IN)

int i, j, k	3次元配列インデックス
size_t ijk	1次元配列インデックス
int d	交点探査方向 (0~5)

6方向同時アクセスメソッド

```

void CutPosArray::getPos(int i, int j, int k, float pos[])
void CutPosArray::getPos(size_t ijk, float pos[])
void CutBidArray::getBid(int i, int j, int k, BidType bid[])
void CutBidArray::getBid(size_t ijk, BidType bid[])

```

引数 (IN)

int i, j, k	3次元配列インデックス
size_t ijk	1次元配列インデックス

引数 (OUT)

float pos[6]	交点座標
BidType bid[6]	境界 ID

計算基準点開始インデクス取得

```
int CutPosArray::getStartX()
int CutPosArray::getStartY()
int CutPosArray::getStartZ()

int CutBidArray::getStartX()
int CutBidArray::getStartY()
int CutBidArray::getStartZ()
```

配列サイズ関連メソッド

```
size_t CutPosArray::getSizeX()
size_t CutPosArray::getSizeY()
size_t CutPosArray::getSizeZ()

size_t CutBidArray::getSizeX()
size_t CutBidArray::getSizeY()
size_t CutBidArray::getSizeZ()
```

getSizeX, getSizeY, getSizeZ, それぞれのメソッドで得られた値の積が, クラス内部に保持している基本データ型配列の長さになります.

### 2.2.3 法線ベクトルデータ格納クラス

CutNormalArray クラスは, 直交等間隔格子における交点での法線ベクトルを格納するためのクラスです. 前節の配列ラッパクラスと同様に, CutInfoArray クラスの継承クラスとなっています.

法線ベクトル情報はポリゴン交点を持たない計算基準線分には不必要です. また, 同一のポリゴンが複数の計算基準線分と交わっている場合もあります. これらの事から, CutNormalArray クラス内部では, 法線ベクトル情報を以下のように 2 つの配列を用いて圧縮格納しています.

```
int n;          // 計算対象基準点数 (= nx * ny * nz)
int nNormal;    // ユニークな法線ベクトルの数

float normalData[nNormal][3]; // 法線ベクトル情報

int normalIndexData[n][6];    // 各計算基準点 (n 個) の各計算基準線分 (6 方向) の法線格納場所
                                //      交点が無い場合: -1
                                //      交点がある場合: 0 ~ nNormal-1 の値
```

実際には, normalData と normalIndexData の 2 つのデータ配列は, 2 つの型 Normal と nroamlData を導入して, 次のように確保します.

```
/// 法線ベクトルデータ格納位置型.
typedef int NormalIndex[6];

/// 法線ベクトル型.
```

```

#ifdef CUTINFO_NORMAL_DOUBLE
    typedef double Normal[3];
#else
    typedef float Normal[3];
#endif

Normal* normalData = new Normal[nNormal];
NormalIndex* normalIndexData = new NormalIndex[n];

```

上図のように、コンパイルオプション-DCUTINFO\_NORMAL\_DOUBLE を指定して本ライブラリを構築することにより、法線ベクトルデータを倍精度で記録することもできます。

## コンストラクタ

前節の配列ラッパクラスと同様に、以下の3つのコンストラクタがあります。

```

CutNormalArray::CutNormalArray(int sx, int sy, int sz, int ex, int ey, int ez)
CutNormalArray::CutNormalArray(size_t nx, size_t ny, size_t nz)
CutNormalArray::CutNormalArray(const size_t ndim[])

```

## 引数 (IN)

int sx, sy, sz	計算基準点 始点インデクス
int ex, ey, ez	計算基準点 終点インデクス
size_t nx, ny, nz	計算基準点数
size_t ndim[3]	計算基準点数

## データ配列ポインタ取得メソッド

ユニークな法線ベクトル数 (nNormal) の取得

```
int CutNormalArray::getNumNormal()
```

法線ベクトルデータ配列へのポインタを取得

```
Normal* CutNormalArray::getNormalDataPointer()
```

取得したポインタ normal は、Fortran プログラム側で

```
real(4) :: normal(3, 0:nNormal-1)
```

として扱えます<sup>\*3</sup>。

法線ベクトル格納位置配列へのポインタを取得

```
NormalIndex* CutNormalArray::getNormalIndexDataPointer()
```

取得したポインタ normalIndex は、Fortran プログラム側で

<sup>\*3</sup> コンパイルオプション-DCUTINFO\_NORMAL\_DOUBLE を指定して本ライブラリを構築した場合には、配列 normal の型は倍精度 real(8) になります。



```
integer(4) :: normalIndex(6, 0:n-1)
または
integer(4) :: normalIndex(6, 0:nx-1, 0:ny-1, 0:nz-1)
```

として扱えます。

注意 CutNormalArray クラスのデストラクタが呼ばれると、その配列領域も開放されてしまうので注意してください。

#### 方向別アクセスメソッド

```
void CutNormalArray::getNormal(int i, int j, int k, int d, Normal& normal)
void CutNormalArray::getNormal(size_t ijk, int d, Normal& normal)
```

##### 引数 (IN)

int i, j, k	3次元配列インデックス
size_t ijk	1次元配列インデックス
int d	交点探索方向 (0~5)

##### 引数 (OUT)

Normal& normal	法線ベクトル
----------------	--------

注意 交点が存在しない計算基準線分については、零ベクトルが格納されます。

#### 6方向同時アクセスメソッド

```
void CutNormalArray::getNormal(int i, int j, int k, Normal normal[])
void CutNormalArray::getNormal(size_t ijk, Normal normal[])
```

##### 引数 (IN)

int i, j, k	3次元配列インデックス
size_t ijk	1次元配列インデックス

##### 引数 (OUT)

Normal normal[6]	法線ベクトル
------------------	--------

注意 交点が存在しない計算基準線分については、零ベクトルが格納されます。

#### 計算基準点開始インデクス取得

```
int CutNormalArray::getStartX()
int CutNormalArray::getStartY()
int CutNormalArray::getStartZ()
```

## 配列サイズ関連メソッド

```
size_t CutNormalArray::getSizeX()
size_t CutNormalArray::getSizeY()
size_t CutNormalArray::getSizeZ()
```

## 2.2.4 セルデータへのアクセッサクラス

Octree 版では，セルに付随するデータは，SklCell クラス内のデータ領域に格納します．交点情報の SklCell クラス内のデータ領域への格納，および，格納された交点情報の取得を容易にするために，アクセッサ提供クラスを用意しました．

CutPos32Octree	CutPos32 型データ用アクセッサ提供クラス
CutPos8Octree	CutPos8 型データ用アクセッサ提供クラス
CutBid8Octree	CutBid8 型データ用アクセッサ提供クラス
CutBid5Octree	CutBid5 型データ用アクセッサ提供クラス

ともに，抽象クラス CutPosOctree および CutBidOctree を実装したものです<sup>\*4</sup>(図 2.6)．これらのクラスでは，内部に交点情報格納用のデータ領域を持っていません．SklCell クラスのオブジェクトに結合して，そのデータ領域へのアクセスを提供します．

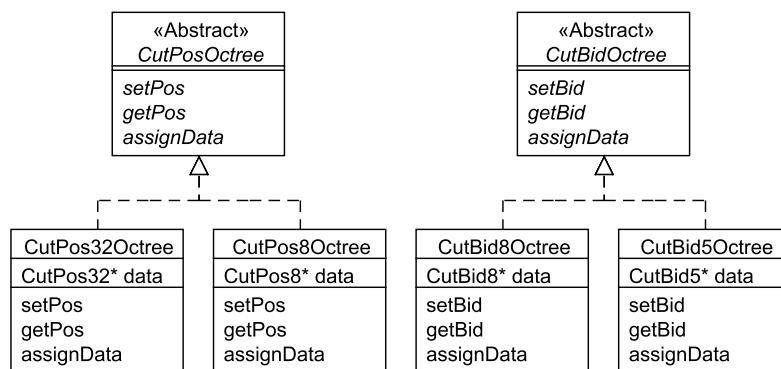


図 2.6 SklCell データへのアクセッサ提供クラス

以下の各メソッドの説明では，個々のクラス名の代りに，抽象クラス CutPosOctree，CutBidOctree を用いています．実際の使用時には，CutPosOctree CutPos32Octree 等，適宜置き換えてください．

## コンストラクタ

```
CutPosOctree::CutPosOctree(int index)
CutBidOctree::CutBidOctree(int index)
```

## 引数 (IN)

<sup>\*4</sup> 実際には，基本データ型をパラメータに持つテンプレートクラスを通して定義されており，それぞれ，CutPosOctreeTemplate<CutPos32,6>，CutPosOctreeTemplate<CutPos8,2>，CutBidOctreeTemplate<CutBid8,2>，CutBidOctreeTemplate<CutBid5,1> を typedef したものになっています．

int index                      SklCell データ領域内での交点情報格納開始インデックス

SklCell データ領域に結合

```
void CutPosOctree::assignData(float* data)
void CutPosOctree::assignData(float* data)
```

引数 (IN)

float\* data                      SklCell データ領域へのポインタ

方向別アクセスメソッド

```
float CutPosOctree::getPos(int d)
BidType CutBidOctree::getBid(int d)
```

引数 (IN)

int d                              交点探索方向 (0~5)

6 方向同時アクセスメソッド

```
void CutPosOctree::getPos(float pos[])
void CutBidOctree::getBid(BidType bid[])
```

引数 (OUT)

float pos[6]                      交点座標  
BidType bid[6]                      境界 ID

必要領域サイズ取得メソッド

```
unsigned CutPosOctree::getSizeInFloat()
unsigned CutBidOctree::getSizeInFloat()
```

注意 交点情報の格納に必要な領域サイズを float 単位で返します。この値を、Octree 構築時の CreateTree メソッドで指定するセルに格納するデータ数パラメータを決めるのに利用できます。

## 第 3 章

# API 利用方法

本章では、各交点情報計算関数のインタフェースについて述べます。まず、全ての交点情報計算関数に共通するポリゴングループと境界 ID の指定方法と、ポリゴンデータの修復関数について説明します。次に、直交等間隔格子版における、グリッド情報と計算基準点情報の指定方法、計算領域の指定方法について説明します。

## 3.1 共通インタフェース

### 3.1.1 計算対象ポリゴングループと境界 ID の指定方法

Polylib 設定ファイルを通じて、計算対象ポリゴングループとその境界 ID を指定します。Polylib バージョン 2.1 以降では、Polylib 設定ファイルの書式は TextParser 形式になりました。この設定ファイルに、各ポリゴングループの定義とポリゴングループ間の階層関係を記述します。

本ライブラリでは、ポリゴングループの階層関係において、

階層ツリー構造のリーフノードに属するポリゴングループで、  
1 ~ 255 の ID 番号が指定されたポリゴングループ

を交点情報計算の対象とします。この時、Polylib 設定ファイルで指定された ID 番号が、そのまま境界 ID となります。ID 番号は、複数のポリゴングループに重複して与えることができます。なお、Polylib では、設定ファイルにおいて ID 番号の指定が省略されたポリゴングループには、ID 番号として 0 が設定されます。

以下に、次のケースでの Polylib 設定ファイル例を示します。

ポリゴングループ"root/child.A": ファイル child\_A.stl, 境界 ID 1  
ポリゴングループ"root/child.B": ファイル child\_B.stl, 境界 ID 2

```
Polylib {  
  root {  
    class_name = "PolygonGroup"  
    child_A {  
      class_name = "PolygonGroup"  
      filepath = "child_A.stl"  
      id = "1"  
    }  
    child_B {  
      class_name = "PolygonGroup"  
      filepath = "child_B.stl"  
      id = "2"  
    }  
  }  
}
```

Polylib 設定ファイルの詳細については、Polylib 利用説明書を参照ください。

### 3.1.2 ポリゴンデータの整合性

STL ファイル中の各ポリゴンデータは、以下の形式で格納されています。

```
facet normal n_x n_y n_z # 法線ベクトル
  outer loop
    vertex v0_x v0_y v0_z # 頂点 0 の座標
    vertex v1_x v1_y v1_z # 頂点 1 の座標
    vertex v2_x v2_y v2_z # 頂点 2 の座標
  endloop
endfacet
```

本ライブラリの交点情報計算関数では、これらのデータを次のように扱います。

- 法線ベクトルの値を信用してそのまま使う
- 法線ベクトルの向きと 3 頂点の並び順に整合性があることを仮定する

ここでの整合性とは、「3 頂点  $v_0, v_1, v_2$  から決まるポリゴンの表裏の向き」と「法線ベクトル  $n$  の向き」との間の整合性です。数学的には、内積値

$$(v_1 - v_0) \times (v_2 - v_0) \cdot n$$

の符号が、全ポリゴンデータに対して一致（常に正、または常に負）していることを要求しています。

#### ポリゴンデータ修復関数

一般的な STL ファイルには、ポリゴンの法線ベクトル値の精度が悪い物が見られます。また、上記の整合性についても必ずしも期待できません。そこで本ライブラリでは、ポリゴンデータを最適化する（修復する）以下の補助関数を提供することにしました。

```
void RepairPolygonData(const Polylib* pl,
                      bool doubt_vertex_order = true,
                      bool doubt_normal_quality = true)
```

`pl` は、ポリゴンデータ読み込み済みの Polylib クラスオブジェクトへのポインタ。フラグ `doubt_vertex_order` が真の場合、向きに整合性のないポリゴンに対して、法線ベクトルはそのままにして、頂点 1 と頂点 2 の順番を入れ替えます。フラグ `doubt_normal_quality` が真の場合には、法線ベクトルを 3 頂点の座標値より再計算して修正します。この時、法線ベクトルの向き（正負）は、修正前と同じになるようにとります。両フラグは省略可能で、その場合のデフォルト値はともに真になります。

関数 `RepairPolygonData` は、Polylib オブジェクト内部に保持されているポリゴンデータを直接修正します。そのため、Polylib のセーブメソッドをこの後に呼ぶことにより、修正済みのポリゴンデータを STL ファイルの形式で保存することができます。

### 3.1.3 グリッド情報と計算基準点情報の指定方法

直交等間隔格子版の交点情報計算関数には、ユーザがカスタマイズしたグリッド情報アクセッサクラスにより、グリッドデータ情報と計算基準点情報を渡します。グリッド情報アクセッサクラスに必要な仕様は、以下の 2 点のみです。

1. GridAccessor クラスを継承していること
2. 計算基準点座標と各 6 方向の計算基準線分長を返す `getSearchRange` メソッドを実装すること

getSearchRange メソッドのインタフェースは次のとおりです。

```
void getSearchRange(int i, int j, int k,
                   double center[3], double range[6])
```

このメソッド内で、center[3] に、インデックス (i, j, k) が指定された時の計算基準点座標を返します。range[6] には、各 6 方向に伸びる計算基準線分の長さを -X, +X, -Y, +Y, -Z, +Z の順に格納します。

center[3] に返す値を調整することにより、計算基準点の位置 (セル中心なのか、ノード点なのか) を調整できます。

以下に例として、等間隔格子上のセル中心におけるグリッド情報アクセッサクラスの実装を示します。この例のように、getSearchRange メソッド内部で使用する原点座標やセルピッチなどの情報は、前もってコンストラクタで渡しておきます。

```
#include "GridAccessor/GridAccessor.h"

namespace cutlib {

/// セル中心グリッド情報アクセッサ (等間隔格子).
class Cell : public GridAccessor {

    double o[3]; ///< 原点 (=セル (0,0,0) のマイナス側頂点) の座標値
    double d[3]; ///< セルピッチ

public:

    /// コンストラクタ.
    ///
    /// @param[in] org 原点 (=セル (0,0,0) のマイナス側頂点) の座標値
    /// @param[in] pitch セルピッチ
    ///
    Cell(const double org[3], const double pitch[3]) {
        for (int i = 0; i < 3; i++) {
            o[i] = org[i];
            d[i] = pitch[i];
        }
    }

    /// ポリゴン検索領域を指定するメソッド.
    ///
    /// @param[in] i, j, k 3次元インデックス
    /// @param[out] center 計算基準点座標
    /// @param[out] range 6方向毎の計算基準線分の長さ
    ///
    void getSearchRange(int i, int j, int k,
                       double center[3], double range[6]) const {
        center[0] = o[0] + (0.5 + i) * d[0];
        center[1] = o[1] + (0.5 + j) * d[1];
        center[2] = o[2] + (0.5 + k) * d[2];
        range[X_M] = range[X_P] = d[0];
        range[Y_M] = range[Y_P] = d[1];
        range[Z_M] = range[Z_P] = d[2];
    }
};
}
```

本パッケージでは、グリッド情報アクセッサクラスの実装サンプルとして、以下の2つのクラスを提供しています。

Cell クラス include/GridAccessor/Cell.h

各セル中心を計算基準点とする

Node クラス include/GridAccessor/Node.h

各ノードを計算基準点とする

また、これらグリッド情報アクセッサクラスの使用例を examples ディレクトリに納めました。

### 3.1.4 計算領域指定方法

Cutlib バージョン 3 より、グリッド情報アクセッサクラスの導入にともない、計算領域指定方法が変更になりました。

#### デフォルト計算領域

交点情報計算関数の呼び出し時に計算対象範囲を指定しなかった場合、以下の 3 次元インデクス (i, j, k) の範囲で交点情報を計算します。

配列ラッパクラスのコンストラクタで、始点 (sx, sy, sz) と終点 (ex, ey, ez) を指定している場合には

$$sx \leq i \leq ex, \quad sy \leq j \leq ey, \quad sz \leq k \leq ez$$

配列サイズ (nx, ny, nz または ndim) を指定している場合は

$$0 \leq i \leq nx-1, \quad 0 \leq j \leq ny-1, \quad 0 \leq k \leq nz-1$$

または

$$0 \leq i \leq ndim[0]-1, \quad 0 \leq j \leq ndim[1]-1, \quad 0 \leq k \leq ndim[2]-1$$

となります。

#### 計算対象領域の限定

交点情報計算関数の呼び出し時に以下のパラメータを指定することにより、計算対象領域を限定できます。これにより、計算基準点の一部についてのみ交点情報を計算することが可能になります。

size ista[3]	開始計算基準点インデクス
size_t nlen[3]	計算基準点数

この場合、3 次元インデクス (i, j, k) の範囲は

$$\begin{aligned} ista[0] \leq i \leq ista[0]+nlen[0]-1, \\ ista[1] \leq j \leq ista[1]+nlen[1]-1, \\ ista[2] \leq k \leq ista[2]+nlen[2]-1 \end{aligned}$$

となります。この範囲が、配列ラッパクラスのコンストラクタで指定した範囲 (上記デフォルト計算領域) を越えていた場合には、実行時エラーとなります。

### 3.1.5 リターンコード

交点情報計算関数は全て、整数値のリターンコードを返します。それらは、Cutlib.h で以下のような enum 定数として定義されています。

SUCCESS	= 0	成功
BAD_GROUP_LIST	= 1	「境界 ID, ポリゴングループ名」対応リストが不正
BAD_POLYLIB	= 2	Polylib オブジェクトが不正 (未初期化等)
BAD_SKLTREE	= 3	SklTree オブジェクトが不正 (未初期化等)
SIZE_EXCEED	= 4	ista[] + nlen[] が配列サイズを越えている
OTHER_ERROR	= 10	その他のエラー (現在は未使用)



## 3.2 交点情報計算関数 インタフェース

注意 Cutlib バージョン 3 より、直交格子版関数のインタフェースが大幅に変更になりました。また、基本データ型 1 次元配列の直接渡しによるインタフェースは廃止されました。

### 3.2.1 直交格子版インタフェース

全領域で計算:

```
int CalcCutInfo(const GridAccessor* grid, const Polylib* pl,
               CutPosArray* cutPos, CutBidArray* cutBid)

int CalcCutInfo(const GridAccessor* grid, const Polylib* pl,
               CutPosArray* cutPos, CutBidArray* cutBid,
               CutNormalArray* cutNormal)
```

計算領域指定:

```
int CutInfoCell(const int ista[], const size_t nlen[],
               const GridAccessor* grid, const Polylib* pl,
               CutPosArray* cutPos, CutBidArray* cutBid)

int CutInfoCell(const int ista[], const size_t nlen[],
               const GridAccessor* grid, const Polylib* pl,
               CutPosArray* cutPos, CutBidArray* cutBid,
               CutNormalArray* cutNormal)
```

引数 (IN)

int ista[3]	開始計算基準点インデクス
size_t nlen[3]	計算基準点数
GridAccessor* grid	グリッド情報アクセッサクラスへのポインタ
Polylib* pl	Polylib クラスへのポインタ

引数 (OUT)

CutPosArray* cutPos	CutPos32Array または CutPos8Array へのポインタ
CutBidArray* cutBid	CutBid8Array または CutBid5Array へのポインタ
CutNormalArray* cutNormal	CutNormalArray へのポインタ

引数として cutNormal を渡した場合に、交点でのポリゴン法線ベクトル情報がそこに格納されます。

### 3.2.2 Octree 版インタフェース

リーフセルのみで計算:

```
int CutInfoOctreeLeafCell(SklTree* tree,
                        const Polylib* pl,
                        CutPosOctree* cutPos, CutBidOctree* cutBid)
```

全セルで計算:

```
int CutInfoOctreeAllCell(SklTree* tree,
                        const Polylib* pl,
                        CutPosOctree* cutPos, CutBidOctree* cutBid)
```

計算対象セルを指定:

```
int CutInfoOctree(SklTree* tree,
                 const Polylib* pl,
                 CutPosOctree* cutPos, CutBidOctree* cutBid,
                 bool leafCellOnly = true)
```

引数 (IN)

Polylib* pl	Polylib クラスへのポインタ
bool leafCellOnly	true:リーフセルのみ (デフォルト)/false:全セル

引数 (IN/OUT)

SklTree* tree	SklTree へのポインタ
CutPosOctree* cutPos	CutPos32Octree または CutPos8Octree へのポインタ
CutBidOctree* cutBid	CutBid8Octree または CutBid5Octree へのポインタ

### 3.3 使用例

#### 3.3.1 直交等間隔格子，セル中心間

```
#include "Cutlib.h"
#include "GridAccessor/Cell.h"
using namespace cutlib;

...

std::string plConfig; // Polylib 初期化ファイル名

size_t ncell[3];      // 全セル数
double org[3];        // 領域原点座標
double pitch[3];      // セル間隔

int ista[3];           // 計算対象領域開始セル位置
size_t nlen[3];       // 計算対象領域セル数

/* ここで，各パラメータに値をセット */

// Polylib 初期化
Polylib* pl = Polylib::get_instance();
pl->load(plConfig);

// ポリゴンデータの修復（必要なら）
RepairPolygonData(pl);

// 配列ラッパクラス（およびその内部の配列データ領域）の生成
CutPos32Array* cutPos = new CutPos32Array(ncell);
//CutPos8Array* cutPos = new CutPos8Array(ncell);
CutBid8Array* cutBid = new CutBid8Array(ncell);
//CutBid5Array* cutBid = new CutBid5Array(ncell);

// グリッド情報アクセサクラス
GridAccessor* grid = new Cell(org, pitch);

// 交点情報計算
CalcCutInfo(ista, nlen, grid, pl, cutPos, cutBid);

// 以下は計算した交点情報の読み出し例

// 6 方向まとめて交点情報を読み出し
float pos6[6];
BidType bid6[6];
cutPos->getPos(i, j, k, pos6);
cutBid->getBid(i, j, k, bid6);

// d(0~5) 方向のみ読み出し
float pos = cutPos->getPos(i, j, k, d);
BidType bid = cutBid->getBid(i, j, k, d);

// Fortran 用に配列データをエクスポート
CutPos32* posData = cutPos->getDataPointer();
//CutPos8* posData = cutPos->getDataPointer();
CutBid8* bidData = cutBid->getDataPointer();
//CutBid5* bidData = cutBid->getDataPointer();

// 関数による配列要素からの直接読み出しも可能
int ijk = i + j*ncell[0] + k*ncell[0]*ncell[1];
GetCutPos(posData, ijk, pos6);
bid = GetCutBid(bidData, ijk, d);

...
```

## 3.3.2 直交等間隔格子，セル中心間，法線ベクトル記録

```

#include "Cutlib.h"
#include "GridAccessor/Cell.h"
using namespace cutlib;

...

std::string plConfig; // Polylib 初期化ファイル名

size_t ncell[3];      // 全セル数
double org[3];        // 領域原点座標
double pitch[3];      // セル間隔

int ista[3];          // 計算対象領域開始セル位置
size_t nlen[3];       // 計算対象領域セル数

/* ここで，各パラメータに値をセット */

// Polylib 初期化
Polylib* pl = Polylib::get_instance();
pl->load(plConfig);

// ポリゴンデータの修復（必要なら）
RepairPolygonData(pl);

// 配列ラッパクラス（およびその内部の配列データ領域）の生成
CutPos32Array* cutPos = new CutPos32Array(ncell);
//CutPos8Array* cutPos = new CutPos8Array(ncell);
CutBid8Array* cutBid = new CutBid8Array(ncell);
//CutBid5Array* cutBid = new CutBid5Array(ncell);

// 法線ベクトルデータ格納クラス
CutNormalArray* cutNormal = new CutNormalArray(ncell);

// グリッド情報アクセッサクラス
GridAccessor* grid = new Cell(org, pitch);

// 交点情報計算
CalcCutInfo(ista, nlen, grid, pl, cutPos, cutBid, cutNormal);

// 以下は計算した交点での法線ベクトル情報の読み出し例

// 6 方向まとめて交点情報を読み出し
Normal normal6[6];
cutNormal->getNormal(i, j, k, normal6);

// d(0~5) 方向のみ読み出し
Normal normal;
cutNormal->getNormal(i, j, k, d, normal);

// Fortran 用に配列データをエクスポート
//
// integer(4) :: normalIndex(6,0:nx-1,0:ny-1,0:nz-1)
// real(4)     :: normalData(3, 0:nNormal-1)
//             ! CUTINFO_NORMAL_DOUBLE が define されている場合は real(8)
//
int nNormal = cutNormal->getNumNormal();
NormalIndex* normalIndex = cutNormal->getNormalIndexDataPointer();
Normal*      normalData  = cutNormal->getNormalDataPointer();

...

```

## 3.3.3 Octree 版: リーフセルのみで計算

```

#include "Cutlib.h"
using namespace cutlib;

...

std::string plConfig; // Polylib 初期化ファイル名

SklTree* tree;        // Octree クラス

unsigned dIndex = ...; // 交点情報格納開始位置

// アクセッサクラスの生成
CutPos32Octree* cutPos = new CutPos32Octree(dIndex);
//CutPos80Octree* cutPos = new CutPos80Octree(dIndex);
CutBid80Octree* cutBid
    = new CutBid80Octree(dIndex + cutPos->getSizeInFloat());
//CutBid50Octree* cutBid
//    = new CutBid50Octree(dIndex + cutPos->getSizeInFloat());

// 各セルに確保させるデータ量
unsigned dLen = cutPos->getSizeInFloat() + cutBid->getSizeInFloat() + ... ;

/* ここで, Octree 構築, 各パラメータに値をセット */

// Polylib 初期化
Polylib pl = Polylib::get_instance();
pl->load(plConfig);

CutInfoOctreeLeafCell(tree, pl, cutPos, cutBid);

// 以下は計算した交点情報の読み出し例

// リーフセルを巡回するループ
for (SklCell* cell = tree->GetLeafCellFirst(); cell != 0;
     cell = tree->GetLeafCellNext(cell)) {

    // アクセッサクラスにセルのデータ領域を結合
    cutPos->assignData(cell->GetData());
    cutBid->assignData(cell->GetData());

    // 6 方向まとめて交点情報を読み出し
    float pos6[6];
    BidType bid6[6];
    cutPos->getPos(pos6);
    cutBid->getBid(bid6);

    // d(0~5) 方向みの読み出し
    float pos = cutPos->getPos(d);
    BidType bid = cutBid->getBid(d);

    ...
}

...

```

## 3.3.4 Octree 版: 全セルで計算

```

#include "Cutlib.h"
using namespace cutlib;

// 再帰的にツリーの全セルを巡る関数
void extractDataFromCell(SklCell* cell, CutPosOctree* cp, CutBidOctree* cb);

...

std::string plConfig; // Polylib 初期化ファイル名

SklTree* tree;        // Octree クラス

unsigned dIndex = ...; // 交点情報格納開始位置

// アクセッサクラスの生成
CutPos32Octree* cutPos = new CutPos32Octree(dIndex);
//CutPos80Octree* cutPos = new CutPos80Octree(dIndex);
CutBid80Octree* cutBid
    = new CutBid80Octree(dIndex + cutPos->getSizeInFloat());
//CutBid50Octree* cutBid
//    = new CutBid50Octree(dIndex + cutPos->getSizeInFloat());

// 各セルに確保させるデータ量
unsigned dLen = cutPos->getSizeInFloat() + cutBid->getSizeInFloat() + ... ;

/* ここで, Octree 構築, 各パラメータに値をセット */

// Polylib 初期化
Polylib pl = Polylib::get_instance();
pl->load(plConfig);

CutInfoOctreeAllCell(tree, pl, cutPos, cutBid);

// 以下は計算した交点情報の読み出し例

size_t nx, ny, nz; // ルートセル数
tree->GetSize(nx, ny, nz);
for (size_t k = 0; k < nz; k++) {
    for (size_t j = 0; j < ny; j++) {
        for (size_t i = 0; i < nx; i++) {
            SklCell* cell = tree->GetRootCell(i, j, k);
            extractDataFromCell(cell, cutPos, cutBid);
        }
    }
}

...

/*
 * 再帰的にツリーの全セルを巡る関数
 */
void extractDataFromCell(SklCell* cell, CutPosOctree* cp, CutBidOctree* cb)
{
    // アクセッサクラスにセルのデータ領域を結合
    cp->assignData(cell->GetData());
    cb->assignData(cell->GetData());

    // 6 方向まとめて交点情報を読み出し
    float pos6[6];
    BidType bid6[6];
    cutPos->getPos(pos6);
    cutBid->getBid(bid6);

    // d(0~5) 方向のみ読み出し
    float pos = cutPos->getPos(d);

```

```
BidType bid = cutBid->getBid(d);

// もし子セルがあるなら...
if (cell->hasChild()) {
    for (TdPos child = 0; child < 8; child++) {
        SklCell* childCell = cell->GetChildCell(child);
        extractDataFromCell(childCell, cp, cb);    // 再帰呼び出し
    }
}
}

...
```

## 第 4 章

# クラス設計情報



本節では，Cutlib の内部設計について説明します．交点情報計算関数内で使用している計算アルゴリズムは，直交等間隔格子版と Octree リーフセル版では共通した手法を用いています．一方，Octree 全セル版では，高速化のため別の手法を採用しています．

## 4.1 直交等間隔格子版，Octree リーフセル版

計算基準点および計算基準点を巡る順番が違っている以外は，基本的に同じ計算手法です．各計算基準点では，以下のような計算を行います．

1. 計算基準点の周りにポリゴン探索範囲を定める．
2. ポリゴングループ毎に，Polylib の検索メソッドにより探索範囲内に一部でも含まれるポリゴンのリストを取得．
3. 交点情報の一時的な格納用配列 (長さ 6) を用意．
4. リスト中の各ポリゴンに対して，6 本の計算基準線分上に交点があるか調べる．交点があり，それが既に一時配列に記録されているものよりも基準点に近い場合には，一時配列に上書き記録していく．
5. 全リストの全ポリゴンに対する調査後，一時配列の内容を交点情報格納用配列に書き移す．交点位座標値の規格化はこの時点で行う．交点座標値の量子化格納が指定されている場合も，この時点で量子化を行う．

### 4.1.1 ポリゴン探索範囲

図 4.1 に，直交等間隔格子上的のセル中心を計算基準点にした場合のポリゴン探索範囲を示します．計算基準点をノード点に置いた場合や，Octree リーフセル版も同様に，ポリゴン探索範囲は計算基準点を中心としたセルサイズの 2 倍の辺長を持つ直方体領域として定めます．

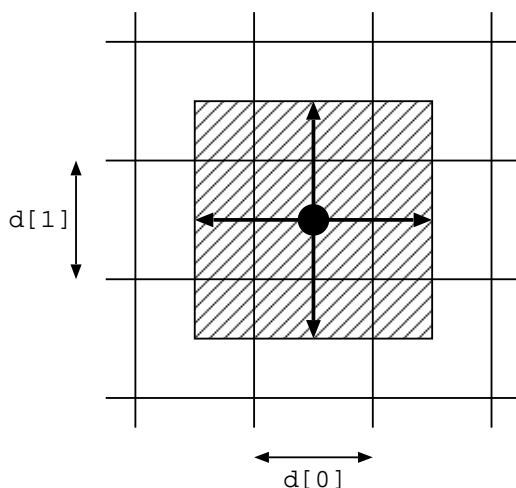


図 4.1 計算基準点 (黒丸)，基準線分 (矢印)，探索範囲 (斜線部分)

### 4.1.2 交点の存在判定

計算基準点の座標を  $(x, y, z)$ ，セル間隔を  $(d_1, d_2, d_3)$  とすると， $\pm z$  方向の基準線分上での交点の有無は，次のように 2 ステップで判定できます．

1. ポリゴンを  $xy$  平面に射影して得られる三角形の内部に点  $(x, y)$  が含まれることが必要
2. 実際に交点を計算して，その位置が  $z - d_3 \sim z + d_3$  の間にある場合は採用

### 4.1.3 三角形の内点判定

Polylib 検索メソッドの返すリストの各要素には、ポリゴン頂点座標の他に、法線ベクトルも含まれています。この法線ベクトル情報を用いると、ある点が、ポリゴンを平面に射影した三角形の内部にあるかどうかの判定が、通常の判定法よりも高速に行えます。

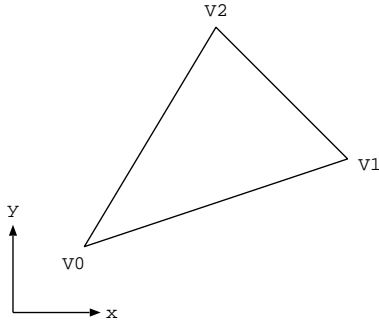


図 4.2  $n_z > 0$ ,  $V_0 \ V_1 \ V_2 \ V_0$  は反時計周り

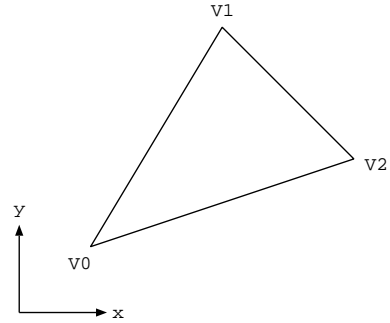


図 4.3  $n_z < 0$ ,  $V_0 \ V_1 \ V_2 \ V_0$  は時計周り

2次元ベクトルを矢印付きで記すことにすると、 $xy$  平面内で、点  $P$  が三角形  $V_0V_1V_2$  の外部にあるための条件は以下のようになります

$n_z > 0$  の場合:

$$\overrightarrow{V_0V_1} \times \overrightarrow{V_0P} < 0 \text{ または } \overrightarrow{V_1V_2} \times \overrightarrow{V_1P} < 0 \text{ または } \overrightarrow{V_2V_0} \times \overrightarrow{V_2P} < 0$$

$n_z < 0$  の場合:

$$\overrightarrow{V_0V_1} \times \overrightarrow{V_0P} > 0 \text{ または } \overrightarrow{V_1V_2} \times \overrightarrow{V_1P} > 0 \text{ または } \overrightarrow{V_2V_0} \times \overrightarrow{V_2P} > 0$$

この判定法では、1 回目の外積計算で、一部のポリゴンをふるい落すことができます<sup>\*1</sup>。

### 4.1.4 交点座標の計算

三角形ポリゴンの各頂点の3次元位置ベクトルを  $P_0, P_1, P_2$ 、その法線ベクトルを  $n$  とします。このポリゴンを含む平面内の任意の点を  $P$  とすると、次の関係式が成立します。

$$n \cdot (P - P_0) = 0$$

したがって、計算基準点  $(x, y, z)$  に対して、 $\pm x$  方向の基準線分上の交点位置を  $X$ 、 $\pm y$  方向の基準線分上の交点位置を  $Y$ 、 $\pm z$  方向の基準線分上の交点位置を  $Z$  とすると、それぞれ以下のように求めることができます。

$$\begin{aligned} X &= (n \cdot P_0 - n_y y - n_z z) / n_x \\ Y &= (n \cdot P_0 - n_z z - n_x x) / n_y \\ Z &= (n \cdot P_0 - n_x x - n_y y) / n_z \end{aligned} \tag{4.1}$$

<sup>\*1</sup> 法線ベクトル情報を使わない方法では、3つの外積値の符号が全て等しい場合に内点と判定します。どのような場合でも、最低2回の外積計算が必要になります。

## 4.2 Octree 全セル版

Octree 全セル版では，ルートセルよりツリー構造をたどりながら，全ての階層のセルで交点情報を計算する必要があります．空間的に子セルはその親セルの内部に含まれるため，両者で別個に Polylib 検索メソッドを呼び出すのは非効率と思われます．そこで Octree 全セル版では，以下のようなアルゴリズムを採用しました．

1. Polylib 検索メソッドはルートセルでのみ利用する．ポリゴングループ毎の検索結果リストをひとつのリスト (カスタムリスト) にまとめる．
2. 以下をツリーを下りながら再帰的に繰り返す
  - (1) そのセル内で，交点情報を計算，格納
  - (2) 子セルが存在する場合は，子セルの探索範囲に含まれるポリゴンをカスタムリストからコピーし，子セル用のカスタムリストを作成
  - (3) 子セルに制御を移動

### 4.2.1 ポリゴンのカスタムリスト

カスタムリストの要素用に，CutTriangle というクラスを定義しました．全ポリゴングループのポリゴンをまとめて処理するため，CutTriangle の属性には，Triangle クラス (へのポインタ) の他に，境界 ID を加えてあります．また，子セルの探索範囲に含まれるかの判定を容易にするために，三角形ポリゴンの Binding Box 情報 (最小座標値，最大座標値) も属性に加えました．

### 4.2.2 カスタムポリゴンリストのコピー

子セルへ渡すカスタムリストは，子セル毎に作成します．親セルのカスタムリストの各ポリゴンのうち，子セルの探索領域に一部でも含まれているものを子セルのカスタムリストへ (CutTriangle のポインタを) コピーしていきます．

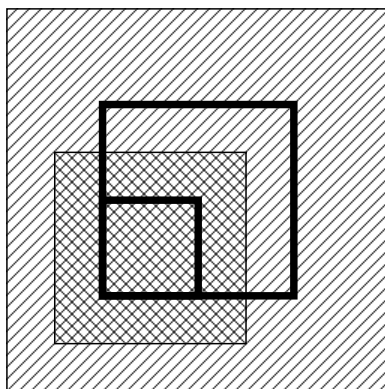


図 4.4 親セルの探索領域 (外側斜線部分)，子セルの探索領域 (内側斜線部分)

### 4.2.3 交点情報の計算

各セルにおけるポリゴン交点の存在判定，交点情報の計算方法については，Octree リーフセル版と同様な手法を用いています．

## 第 5 章

# アップデート情報

本ライブラリのアップデート情報について記します。

## 5.1 アップデート情報

- Version 3.1.5
  - マニュアルの改修
  - 索引の作成
- Version 3.1.4
  - getVersionInfo() メソッドの追加
  - Version.h.in の追加
- Version 3.1.3
  - configure.ac の変更
- Version 3.1.2
  - configure.ac の変更
- Version 3.1.1
  - configure.ac の変更
- Version 3.1.0
  - リファクタリング
  - autotools によるパッケージ
- Version 3.0.1-beta
  - 交点でのポリゴン法線ベクトルを記録する機能を追加
  - マニュアルの改修
- Version 3.0.0-beta
  - STL ファイル中のポリゴンデータの取扱方法を変更．コンパイルオプション「-DIGNORE\_NORMAL\_DIRECTION」  
「-DIGNORE\_STL\_NORMAL」の廃止．ポリゴンデータ修復関数 RepairPolygonData の追加
  - グリッド情報アクセスクラスの導入．直交格子版関数のインタフェースおよび名称の変更
  - 配列ラッパクラスの 3 次元インデックスに負の値も指定可能
  - 直交格子版関数の OpenMP スレッド並列化
  - 交点計算部分を，格納形式によらず，常に倍精度で計算
  - マニュアルの改修
  - Polylib 2.2 , TextParser 1.1 対応
- Version 2.0.3
  - コンパイルオプションに「-DIGNORE\_NORMAL\_DIRECTION」を指定すると，ポリゴンの表裏が統一されていることを仮定せずに計算
  - コンパイルオプションに「-DIGNORE\_STL\_NORMAL」を指定すると，STL ファイル中のポリゴン法線データを信用せず，毎回法線を計算
  - マニュアルの改修
  - Makefile を Polylib2.0.3 のコンパイルへ対応
- Version 2.0.2
  - マニュアルの改修
  - Makefile を Polylib2.0.2 のコンパイルへ対応
- Version 2.0.1

- マニュアルの整備
- 計算対象となるポリゴングループとその境界 ID を Polylib 初期化ファイルから自動読み取り (Polylib2.0.1)
- Version 2.0.0
  - インターフェース変更 (引数 Boundaries\* bList の廃止)
  - Makefile で , Octree 版関数作成の有無を選択可能
  - 交点探査方向順を変更 (-x, +x, -y, +y, -z, +z に)
- Version 1.0.0
  - 初版リリース

# 索引

アクセッサ .....	4, 6, 14, 18, 19
境界 ID .....	2, 4, 6, 7, 17, 20, 31
計算基準線分 .....	2, 11, 13, 29
計算基準点 .....	2, 6, 7, 9, 17, 18, 20, 29, 30
交点情報 .....	2
スコープ解決演算子 .....	4
スレッド .....	3
倍精度 .....	12
法線ベクトル .....	2, 6, 11, 12, 18, 21, 24, 30
ポリゴングループ .....	2, 3, 17, 29, 31
Polylib .....	2, 3, 17, 18, 21, 29–31
ラッパクラス .....	4, 8, 11
リーフセル .....	2–4, 21, 29, 31
ルートセル .....	3, 31
BidType .....	6
CutBid .....	6, 7
CutBidArray .....	9
CutInfoArray .....	11
CUTINFO_NORMAL_DOUBLE .....	12
CutNormalArray .....	11
CutPos .....	6, 7
CutPosArray .....	9
getSearchRange() .....	19