# VR技術の進歩とその三次元 数値シミュレーションへの応用

~高品質計算を目指して~

中央大学理工学部都市環境工学科 樫山和男

#### 概要

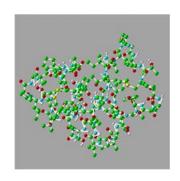
本講演では、防災・環境問題を例に、VR技術のプリ・ポストプロセスおよびシミュレーションへの応用について述べる。プリプロセスにおいては、立体視が可能なVR空間においてメッシュの品質確認や修正が可能なシステムの構築事例、ポストプロセスにおいては、非構造格子に対する対話型可視化システムの構築事例を紹介する。また、可視化および可聴化の応用例として、津波と騒音シミュレーションについて紹介する。

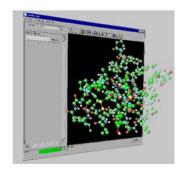


CM Lab.

# 可視化における立体視のニーズ

- 3次元データの可視化では、前後の位置関係が理解しづらい。
- 立体視が可能だと前後の位置関係(3次元構造) が理解できる





## バーチャル・リアリティ(VR)とは

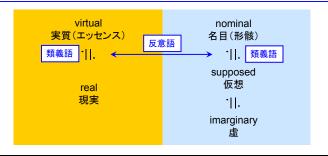
#### Virtual

みかけや形は原物そのものではないが、本質的あるいは効果 として現実であり原物であること.



Virtual Reality (VR:人工現実感)

現実そのものではないが現実のエッセンスと効力を有するもの。



Chuo University

CM Lab.

# 立体視について

#### 三次元情報の知覚メカニズム



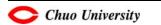
3次元情報の視覚的手がかりが必要

-3次元情報の視覚的手がかり-

単眼性手がかり(絵画的手がかり)

→ 透視画法, 陰影, テクスチャなど 両眼性手がかり(奥行き手がかり)

→ 両眼視差, 輻輳, 焦点調節, 運動視差



CM Lab.

#### 立体視映像技術の歴史

右目用と左目用の視差絵の存在 1600年頃 1853年 アナグリフ方式(Rollman)の開発

偏光フィルターを用いた3Dディスプレイに関する 1893年

最初の特許出願(Anderson)

1902年 パララックスバリアの原理の提案(Lves)

1912年 レンチキュラの原理の提案(Hess)

1950年代 アナグリフ方式による映画上映(最初の3Dブーム)

背景:家庭にテレビが普及する

ワイドスクリーン(没入感による立体感)に負ける 立体感を強調する演出、ストーリーがおろそか・・

1980年代 偏光メガネ方式による映画上映(2回目の3Dブーム)

「ジョーズ3」など、しかし一時的な流行で終わる

背景:ケーブルテレビが普及

Chuo University

CM Lab.

CM Lab.

# メガネを用いた立体視

- 特殊なメガネを使って、右目画像を右目のみ、 左目画像を左目のみで見る。
- 代表的な方式
  - 液晶シャッター方式(Active Stereo方式)
  - 偏光メガネ方式 (Passive Stereo方式)
- ・ 安価で印刷物にも利用できる方式
  - アナグリフ方式

#### 立体視映像技術の歴史

1985年 液晶シャッターメガネを用いた3Dディスプレイ(Lipton)

1990年代 裸眼立体液晶ディスプレイの登場、立体テレビの登場 しかし、質の高いソフトが無く、ハードとコンテンツの バランスが取れなかった

2000年代 2D/3D変換技術の確立

2D映像に含まれる単眼立体情報を解析し、被写体の 奥行を推定し、両眼視差を含む左右の映像を出力する コンテンツ不足の解消

2010年 3D元年3Dテレビ・3Dパソコン・3Dカメラの発売、 第3次立体映画ブーム ハードとコンテンツのバランスの実現

Chuo University

CM Lab.

# アクティブステレオ方式

液晶シャッター方式(Active Stereo方式)

- 液晶シャッター・メガネを用いた方式 (時分割方式ともいう)
- 右目用と左目用の画像をモニターに 高速に切り替えながら交互に表示 (120Hz程度)
- 赤外線エミッター等を使って、画像の 切り替えと同期をとって、メガネの シャッターを高速に切り替える。

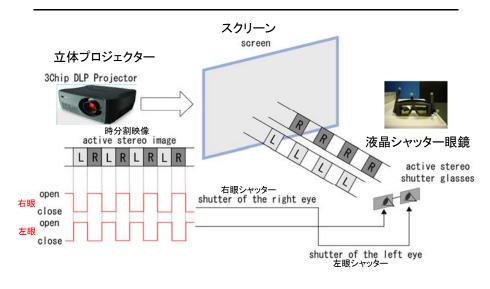




■ 瞬間的には、右目または左目のどちらかしか画像が見えず、 右目には右目用画像、左目には左目画像が見える。残像を 利用。



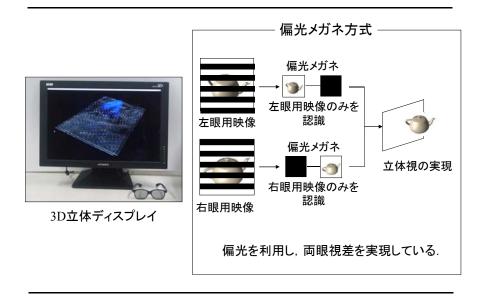
## 時分割方式(液晶シャッター方式)について



CM Lab.

CM Lab.

## パッシブステレオ方式



Chuo University

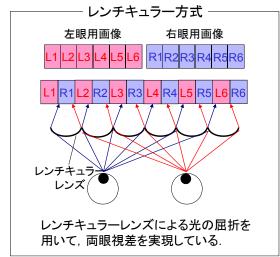
CM Lab.

# 裸眼立体視



Chuo University

裸眼立体ディスプレイ



# アナグリフ方式

- ・ 左目用と右目用の画像を赤または青で表示し、赤と青のセロハンのメガネで見る。
- ・ メガネを非常に安価に作成できる。
- ・ 片側にある程度の色を付けることができるが、基本的には 色の情報が失われる。
- · 対応するソフトウェアは限られる





Chuo University

# 3D対応プロジェクター

#### 時分割方式プロジェクター

右眼用と左眼用の画像を高速に切り替えながら 交互に表示し、眼鏡はプロジェクターと同期を取り シャッタリングを行う方法。







#### 分光(Infitec)方式プロジェクター

分光フィルターを使用して光を波長別にいくつか のグループに分け、交互に左右の目に振り分けて 立体視する方式。





CM Lab.

# 3D表示方法の分類

・スコープ型 : ステレオスコープ

ヘッドマウントディスプレイ

・メガネ型 : アナグリフ

偏光フィルタ 液晶シャッター

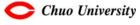
・裸眼型: パララックスバリア

レンチキュラー



より詳しく知りたい方は

参考文献:河合、盛川、太田、阿部:3D立体映像表現の基礎 一基本原理から制作技術まで一. オーム社, 2010



CM Lab.

# 大規模な可視化システム

#### HMD

(Head Mounted Display) 頭部搭載型ディスプレイ



HMDを用いた軍事フライトシミュレーション風景 (http://www.kefk.net/Film/Virtuelle.Realit%E4t/index.asp)

#### CAVE型ディスプレイ

(CAVE Automatic Virtual Environment) 没入型多面ディスプレイ



CAVE(イリノイ大学, 1993)

# HMDと没入型多面ディスプレイ

#### HMD -

#### (メリット)

- ・観察者が見えている部分のみを眼球に対して供給することで、 全天周スクリーンを等価的につくりだすことができる.
- ・VR空間を再現するのに広範囲なスペースを要さない.

#### (デメリット)

・フルスケールでの体感ができない.

#### 没入型多面ディスプレイ -

#### (メリット)

- 広視野である。
- 1/1実寸スケールを体感できる。
- ・複数人が同じVR空間を共有可能.
- ・対象物のミクロ・マクロ部分を同時に見ることができる.

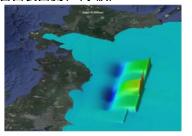
#### (デメリット)

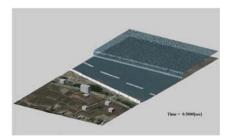
・大型装置であるため、広いスペースが必要



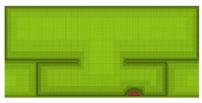
#### 研究紹介(防災・環境シミュレーション)

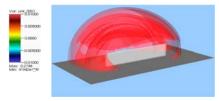
#### ・自由表面流れ(水波)





#### ·騒音解析(音波)







CM Lab.

CM Lab.

## 防災・環境シミュレーション

対象地域(都市・地域)の計画・設計において、発生し得る自然 災害の種別と規模・環境の変化を予測することは重要(意思決定)

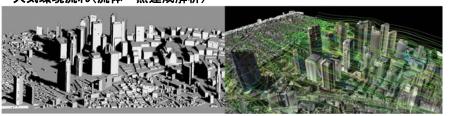
数値シミュレーションは有効 (実験や観測では困難)

- ・メインプロセス:対象とする時間・空間スケールが大きい
- ☞高速かつ省メモリーな並列計算手法
- ・プリ・プロセス:複雑な地形(地層を含む)や建物の形状を正確に 考慮したモデリングが重要
- ☞GIS/CAD/BIMデータを用いた地形・構造物モデリング手法とモデルの評価・改善
- ・ポスト・プロセス:計算結果の評価が重要(専門家のみならずー般市民)
- ☞VR(パーチャルリアリティ)技術に基づく可視化

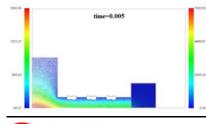
# Chuo University

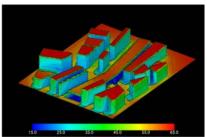
#### 研究紹介(防災・環境シミュレーション)

・大気環境流れ(流体 - 熱連成解析)



#### •流体 - 構造連成解析





Chuo University

CM Lab.

第19回ビジュアライゼーションカンファレンス

2013年11月29日

# VR技術の進歩とその三次元 数値シミュレーションへの応用

~高品質計算を目指して~

中央大学理工学部都市環境工学科 樫山和男 内容

Part 1. VR技術のプリ・ポストプロセスへの応用

Part 2. 防災・環境シミュレーションへの応用

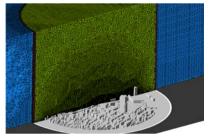
# プリ・ポスト処理における問題点

#### 大規模3次元計算が当たり前の時代

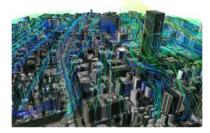
- 1) メッシュの品質の確認および修正が困難である(プリ・プロセス)
- 2) 3次元の計算結果の定量的把握が困難である(ポスト・プロセス)



#### VR技術のプリ・ポストプロセスへの導入







流れの可視化(透視図:2.5D表現)

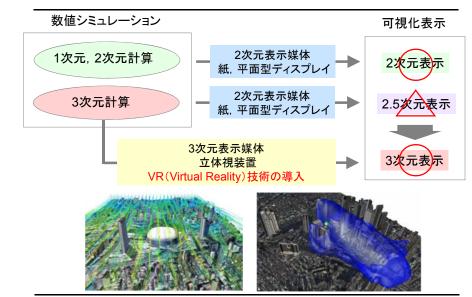


Chuo University

CM Lab.

CM Lab.

# 数値シミュレーションと可視化



# VR技術のプリ・ポスト処理への応用

## プリプロセス(メッシュ生成)



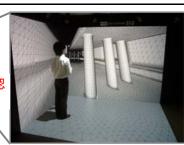
・メッシュの品質確認 メッシュの修正

メインプロセス(解析)



ポストプロセス(可視化)

• 3次元現象の定量的把握





Chuo University

# VR技術のプリ・プロセスへの応用

VR技術を用いた立体視による確認(高田、樫山:計算工学講演会2008)





課題:VR空間にてメッシュの修正(品質の改善)ができない

#### VR空間においてメッシュを修正するシステムの構築

- •r法に基づく修正手法:節点位置を任意に移動
- ・h法に基づく修正手法:要素を細分化
- (林田, 樫山ら:計算工学講演会2010、高田, 樫山ら:応用力学論文集2012)



#### VR装置について

• Holostage(中央大学)

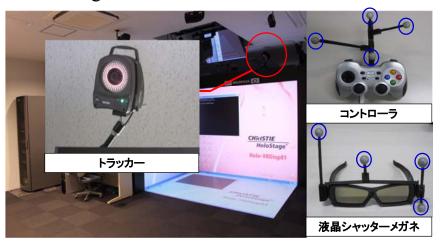


Chuo University

CM Lab.

#### VR装置について

• Holostage(中央大学)

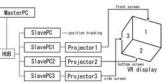


Chuo University

CM Lab.

# 可視化システム開発環境(ハードウェア)









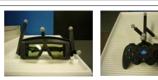
〈スペック〉 マシン: Hp 210 Workstation CPU : Dual Core AMD Opteron(tm) 2.4GHz (MasterPC)+2.4GHz ×4 メモリ:8GB(MasterPC)+8GB×4





〈スペック〉 3D対応DLP:3chip DMD 解像度:1400×1050(SXGA+) 輝度:5000ルーメン 水平周波数:15-120kHz 垂直周波数:24-120Hz





液晶シャッタ眼鏡(120Hz) コントローラ

# 開発環境(ソフトウェア)

OS: Windows XP

使用言語: C言語

使用した主なライブラリ

CAVE Lib: 没入型VR環境構築用ライブラリ

コントローラーの操作, 立体映像の生成,

スクリーン間の映像の同期等VR空間構築に使用

OpenGL:グラフィック描画用ライブラリ

CG映像の描画に使用

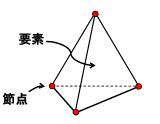
## メッシュ修正システム

#### メッシュ修正方法

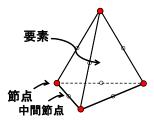
- 節点移動法:節点移動により要素の品質を改善する
- 要素細分化法:要素の細分化により品質を改善する

#### 対応要素(非構造格子)

四面体1次要素



四面体2次要素



Chuo University

CM Lab.

## システム概要

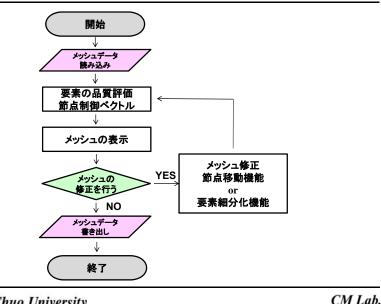
- 1. 要素情報を入力(節点座標データ、結合情報)
- 2. 要素の品質評価、節点移動制御ベクトルの算出
- 3. 要素の品質の悪い要素を色分け表示して修正する
  - 指定した節点をVR空間において移動させる(r法)
  - 指定した要素をVR空間において細分化する(h法)

- メニュー画面からの可視化・修正機能の選択
- ・ 表示方法の切り替え(全要素 表示or 歪みの大きな要素 のみ表示 or 表面メッシュのみ表示)
- ・ クリッピング機能(ビーム先端領域のみ表示)
- ・ 歪みの大きな要素へのジャンプ機能
- 表示倍率の変更
- ・ 節点の色分け(表面上、特徴線上、角点)
- 4. 要素情報を出力(節点座標データ、結合情報)

Chuo University

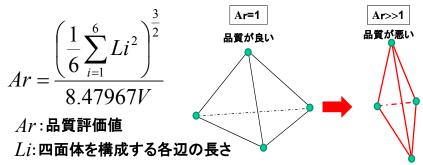
CM Lab.

#### 三次元メッシュ修正システムを使用する際のフロー



# 三次元メッシュ修正システム機能紹介

# 要素の品質評価機能

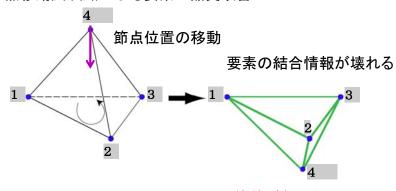


V:四面体の体積

出典: Lori A. Freitag, Patric M. Knupp: Tetrahedral mesh improvement via optimization of the element condition number: Int.j. number. methods. eng.,vol53,pp.1377-1391,2002

#### メッシュの品質

節点移動法(r法)による要素の品質改善



体積が負になる (要素を緑線で表示)

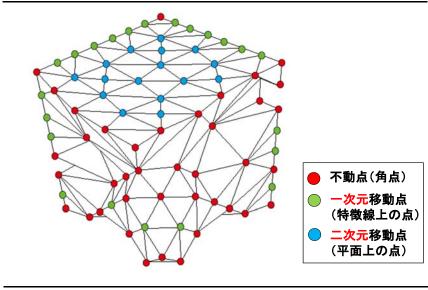
制御ベクトルの導入により、形状モデルを壊さないようにする



CM Lab.

CM Lab.

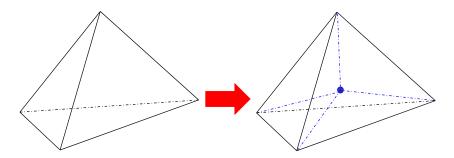
# 節点移動の制御例



Chuo University

CM Lab.

# 要素細分化手法(a)

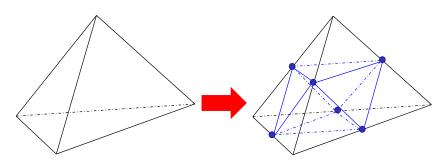


要素の重心に節点を作成して細分化を行う

細分化手法(a)の特徴

- ・ 周辺要素のコネクティビティが変化しない
- ・ 細分化後の要素形状が扁平になる

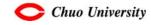
# 要素細分化手法(b)



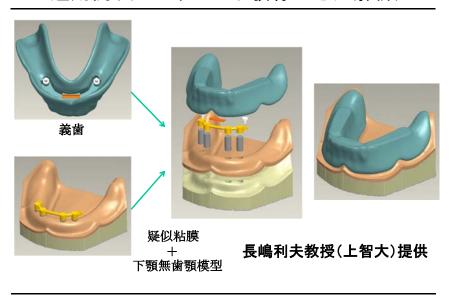
要素の各辺の中点に節点を作成して細分化を行う

細分化手法(b)の特徴

- ・ 細分化後の要素が扁平にならない
- ・ 節点の作成の影響で周辺の要素も細分化が必要



# 適用例(インプラント-下顎骨の応力解析)



Chuo University

Chuo University

CM Lab.

# 適用例(インプラント-下顎骨の応力解析)

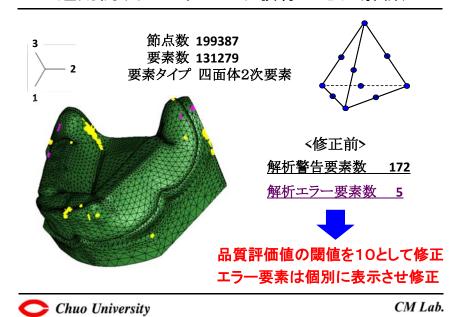
初期メッシュ(SHOW all機能:四面体2次要素)



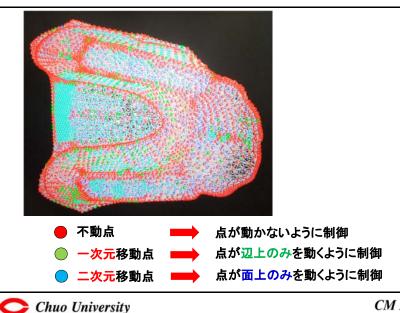
節点数:199,387 要素数:131,279

CM Lab.

# 適用例(インプラント-下顎骨の応力解析)

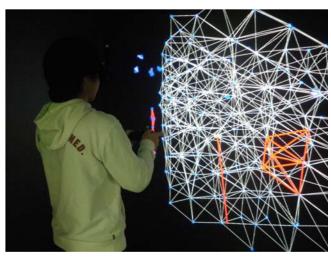


# 適用例(インプラント-下顎骨の応力解析)



# 適用例(インプラント-下顎骨の応力解析)

メッシュ修正の様子(CLIPPING機能の利用)

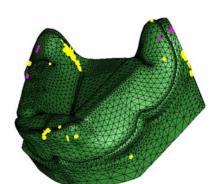


Chuo University

CM Lab.

CM Lab.

# 適用例(インプラント-下顎骨の応力解析)



<修正前> 解析警告要素数 172

解析エラー要素数 5

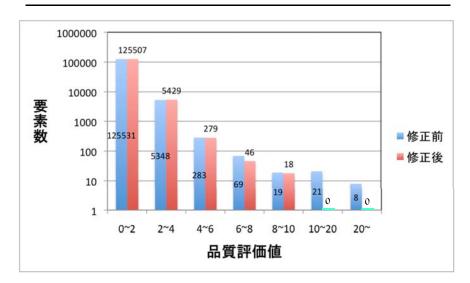
歪みの大きな要素の固まり

<修正後> 解析警告要素数 120 解析エラー要素数 0

Chuo University

CM Lab.

# 適用例(インプラント-下顎骨の応力解析)



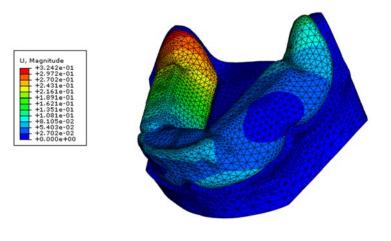
# Chuo University

# 適用例(インプラント-下顎骨の応力解析)

要素番号	品質評価値	
	修正前	修正後
49835	20.47	2.96
53017	97.36	2.45
53926	10.73	3.15
57554	20.80	2.28
57781	16.59	2.04

# 適用例(インプラント-下顎骨の応力解析)

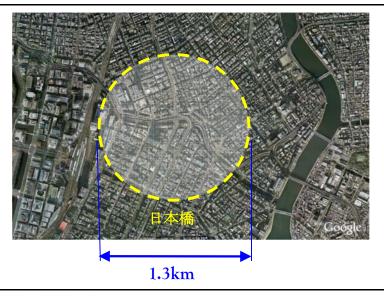
#### 解析結果(変位分布)



Chuo University

CM Lab.

# 適用例(都市域の風況解析)

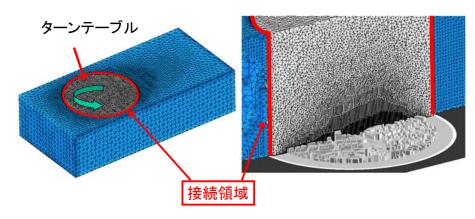


Chuo University

CM Lab.

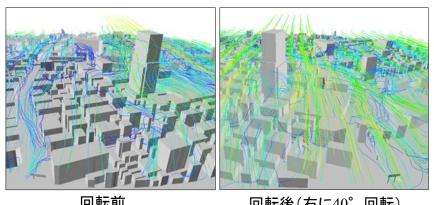
# モデリングの例(数値地図+2DGIS+CAD)

#### 任意の風向を設定可能



# モデリングの例(数値地図+2DGIS+CAD)

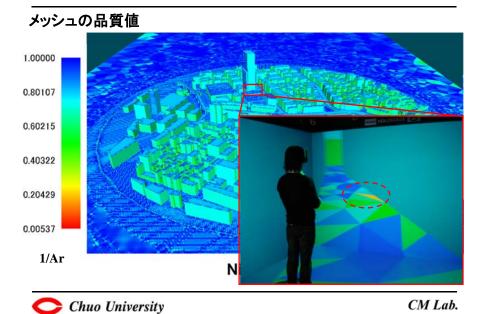
■大気環境流れ解析(非圧縮粘性流体解析)



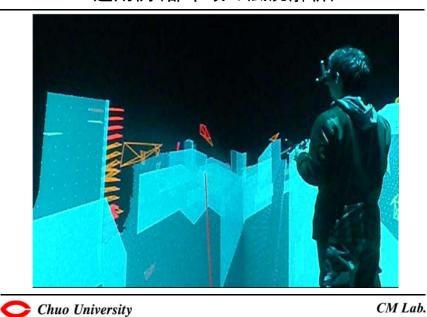
回転前

回転後(右に40°回転)

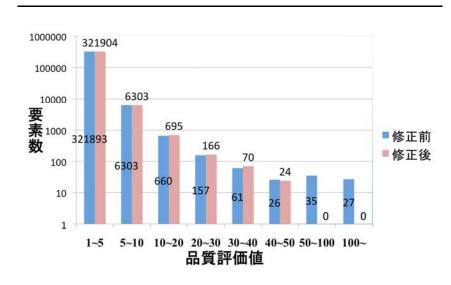
# 適用例(都市域の風況解析)



# 適用例(都市域の風況解析)



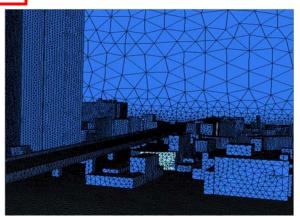
# 適用例(都市域の風況解析)



Chuo University

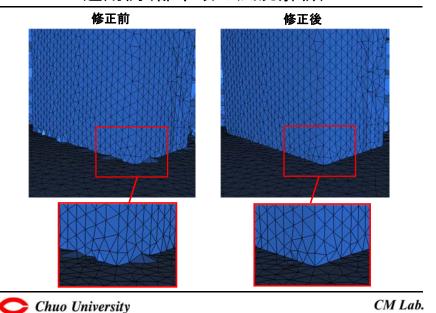
# 適用例(都市域の風況解析)

# 対象空間



自動要素生成ソフトにより作成された都市モデル

#### 適用例(都市域の風況解析)



# まとめ(プリ・プロセスへの適用)

#### 一結論—

4. 本システムを、初期メッシュの品質が悪いために解析過程 に移行できなかった例題に適用したところ、解析過程に移 項でき本システムの有効性が確認された.

以上の結果より、本システムがプリ・プロセスのツールとして有効であるということを確認することができた.

→高品質計算(High Quality Computing:HQC)の実現

#### 一今後の課題ー

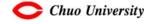
- ・曲面境界上および曲線の特徴線上の節点移動に関する検討
- ·操作性の向上

# まとめ(プリ・プロセスへの適用)

VR空間において、複雑な3次元メッシュを対話的に修正するシステムの構築を行った、その結果、以下の結論を得た.

#### 一結論一

- 1. 本システムにより、VR空間内で形状モデルやメッシュ形状を正確に把握することが可能となった。
- 2. 節点移動制御ベクトルの導入により、解析領域の幾何形状を壊すことなくメッシュの修正を行うことが可能となった。
- 3. 本システムにより、4面体1次要素および2次要素のメッシュに対して、VR空間内でコントローラーにより対話的に要素の形状の修正を行うことが可能となった。



CM Lab.

# ポストプロセスにおける問題点

#### 大規模3次元計算におけるポスト処理の問題点

- ・透視図手法を用いた可視化 (2.5D可視化)
- →複雑な流れの3次元構造を 正確に把握することは困難
- ・立体視対応(3D可視化)の 商用ソフトウェア
- →対話的な可視化を行うことは困難

解決策:立体視および対話的可視化が可能なシステムの構築



#### 研究背景と目的

■没入型VR(CAVE)環境において対話 的可視化が可能なソフトウェア→VFIVE

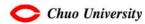
<sup>T</sup> Visualization of Vector Field by Virtual Reality, J (Kageyama, A., Tamura, Y., and Sato, T, Progress Theor. Phys. Suppl., 2000.)



VFIVE (Vector Field Interactive Visualization Environment)
(陰山ら: 地球シミュレーションセンター高度計算表現法グループ)

- ■没入型VR(CAVE)環境用のデータ可視化ソフトウェア
- ■CAVEライブラリおよびOpenGLを用いて開発
- ■スカラーおよびベクトル場の対話的な可視化が可能
- ■大規模データをリアルタイムでの可視化が可能

問題点:構造格子用の可視化ソフトウェアのため、非構造格子に対応していない



CM Lab.

## 可視化システム開発環境(ソフトウェア)

使用言語:C++言語 使用OS:WindwsXP

OpenGL (Open Graphics Library)

3Dグラフィックスのためのインターフェイス(3Dグラフィックスの世界標準)

- •オープン仕様であり普及率が高い
- •高速に動作し, 高精度な3D描画が可能
- •補助ライブラリが豊富

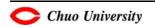
#### **CAVElib**

#### 多数のディスプレイに対応した可視化ソリューション開発能力を向上させるAPI

- •ステレオ画面表示の自動化
- •マルチウォール・クラスターシステムへの対応
- •トラッキングセンサを用いたVR空間上の観察者の位置情報取得

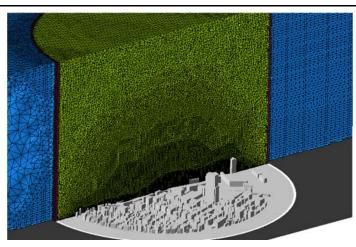


対話的な三次元ディスプレイシステムに有効



#### CM Lab.

## 研究背景と目的

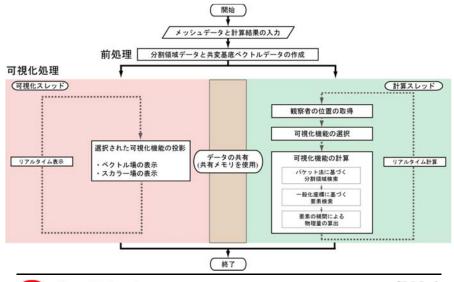


研究目的: 非構造格子に対応可能なVR環境における対話型 可視化システムの構築



CM Lab.

#### 本可視化システムのフローチャート



Chuo University

## 可視化処理(可視化機能の選択)

#### ベクトル場の可視化機能

- •流線の可視化(Field Lines, Particle Tracer)
- •数値データの可視化(Probe & Graph)
- •渦領域の可視化(Line Advector)
- •矢印による流れ場の可視化(Local Arrows)
- •粒子挙動による領域全体の可視化(Hotaru)
- •粒子挙動による局所領域の可視化(Snow)



#### スカラー場の可視化機能

- •指定断面のスカラー分布の可視化(Local Slicer)
- •数値データの可視化(Probe&Graph)
- •等値面の可視化(Isosurface)
- •各軸断面におけるスカラー分布の可視化(Ortho Slicer)
- •ボリュームレンダリング(Volume Rendering)



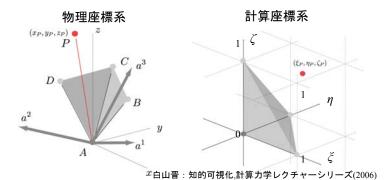
CM Lab.

CM Lab.

#### CM

# 可視化機能の高速処理

#### (2)一般化座標に基づく要素検索と物理量の補間

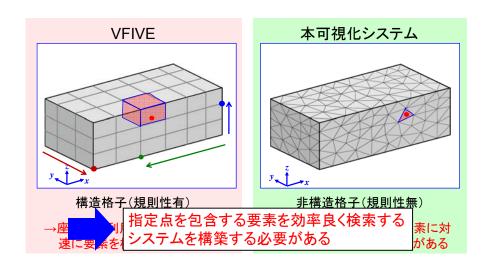


指定点が要素内部に存在する条件

 $(0 \le \xi_p \le 1) \cap (0 \le \eta_p \le 1) \cap (0 \le \zeta_p \le 1) \cap (\xi_p + \eta_p + \zeta_p \le 1)$ 

# Chuo University

#### 非構造格子に基づく可視化

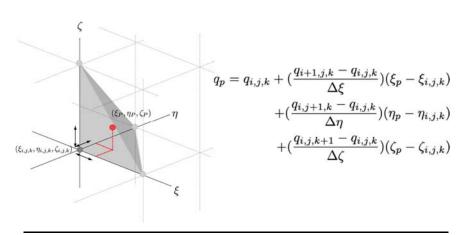




CM Lab.

#### 可視化機能の高速処理

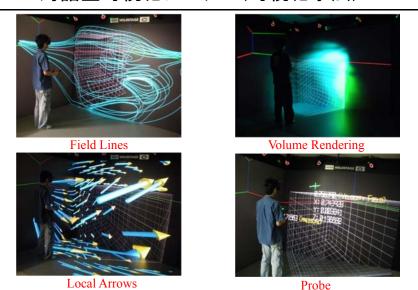
#### (2)一般化座標に基づく要素検索と物理量の補間



## 可視化機能の高速処理

# (3) 直前に指定点の存在した要素検索の利用 指定点の次点検索を行う際、その直前 に指定点が存在した要素から検索を行う 直前に指定点が存在した 要素の検索 「No バケット法に基づく 分割領域検索 「般化座標に基づく 要素検索 「一般化座標に基づく 要素検索 」 「要素の補間による 物理量の算出

## 対話型可視化システム(可視化手法)



Chuo University

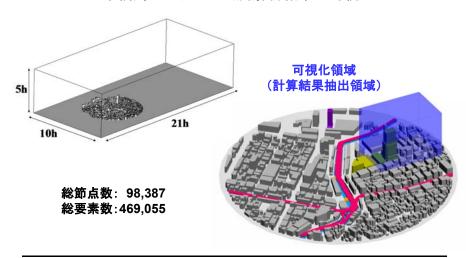
CM Lab.

# 応用例(都市域の気流解析への適用)

Chuo University

Chuo University

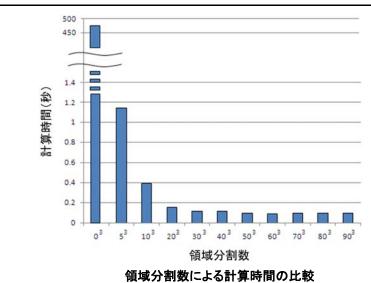
#### 日本橋周辺における気流解析結果の可視化



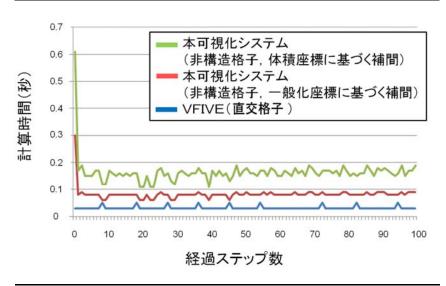
#### CM Lab.

CM Lab.

# 応用例(都市域の気流解析への適用)



#### 応用例(都市域の気流解析への適用)



Chuo University

CM Lab.

CM Lab.

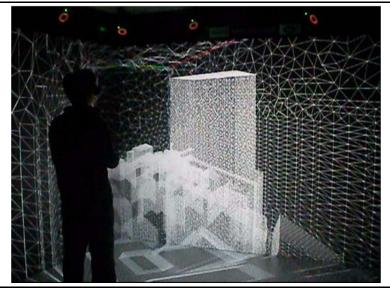
#### 応用例(都市域の気流解析への適用)

複数の可視化機能を併用



Chuo University

CM Lab.



Chuo University

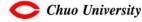
# 応用例(都市域の気流解析への適用)

# まとめ(結論)

非構造格子に適用可能な流れ解析のための対話的可視化システムの構築を行った.

- 1) 非構造格子に対応した可視化システムを構築したことにより、 領域形状を正確に考慮した可視化を対話的に行うことが可能 となった.
- 2)本手法はVFIVE と同等の可視化精度を与える.
- 3) バケット法に基づく領域検索と一般化座標に基づく要素検索を行うことにより、可視化処理の高速化が実現され、リアルタイムに可視化を行うことが可能となった.
- 4)グラフ機能(2点間のベクトル・スカラー量のグラフ表示)を追加することで、より定量的な可視化が可能となった。

今後の課題 •新たな可視化手法の導入 •操作性の向上



2013年11月29日

# VR技術の進歩とその三次元数値シミュレーションへの応用

~高品質計算を目指して~

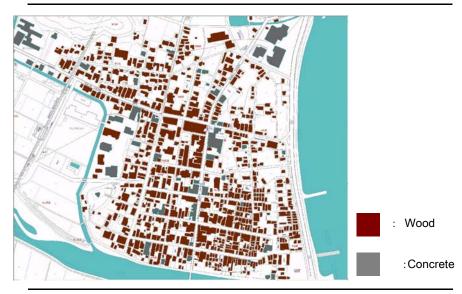
中央大学理工学部都市環境工学科 樫山和男 内容

Part 1. VR技術のプリ・ポストプロセスへの応用 Part 2. 防災・環境シミュレーションへの応用

Chuo University

CM Lab.

# 津波シミュレーション(紙地図を電子化)



Chuo University

CM Lab.

## 水害シミュレーション結果(3D表現)



Chuo University

CM Lab.

## 津波シミュレーション



Chuo University

# 防災シミュレーションへの応用

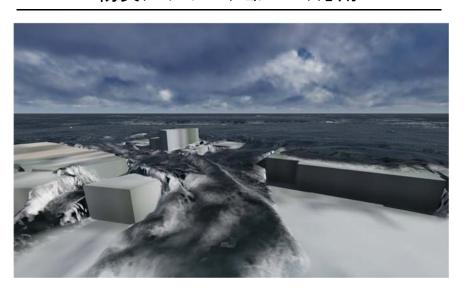


Chuo University

CM Lab.

CM Lab.

#### 防災シミュレーションへの応用



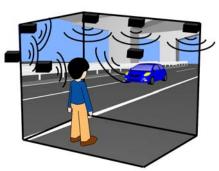
Chuo University

CM Lab.

# VR技術に基づく道路騒音評価システムの構築

#### 本研究の目的

道路交通騒音の計算結果(音圧レベル)をVR空間において映像と共に提示するシステムの構築

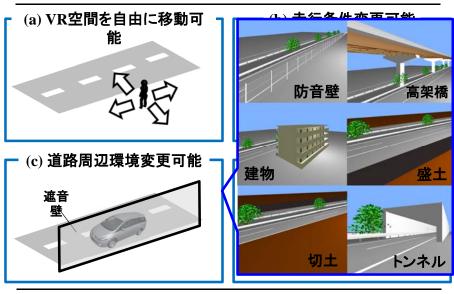


システムイメージ図

- ・音(聴覚情報)の提示
  - 幾何音響理論に基づき騒音 レベルを算出
  - ➡ ドップラー効果を考慮して 周波数を算出
- ・映像(視覚情報)の提示
  - OpenGLを用いたCGアニメーションの提示
- ·VR空間の構築
  - 没入型映像投影技術

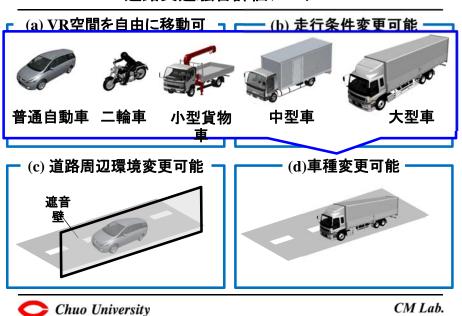
# Chuo University

#### 道路交通騒音評価システム



Chuo University

#### 道路交通騒音評価システム



#### 道路交通騒音評価システム

#### インターフェイス機能を用いて走行条件を変更可能

遮音壁の高さ :0~5m

車種:普通車,貨物小型車,中型車,大型車,バイ

ク

走行速度 :50~100km/h (10km/h) 舗装 :排水性舗装, 密粒性舗装

舗装年数 :0~15年(5年ごと)



条件選択用インターフェイス

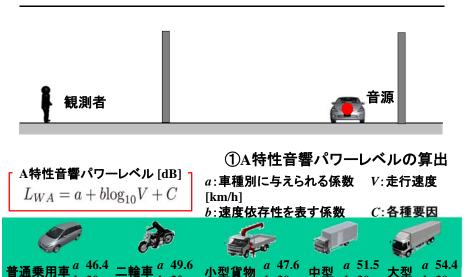
条件確認用インターフェイス



Chuo University

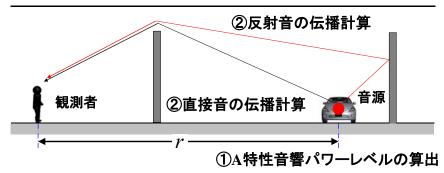
CM Lab.

### ASJモデルによる伝播計算



Chuo University

## ASJモデルによる伝播計算



#### · A特性音圧レベル[dB] -

 $L_A = L_{WA} - 8 - 20\log_{10}r + \Delta L_{cor}$ 

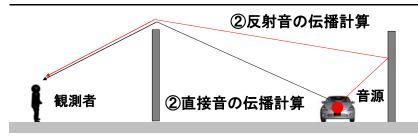
プ:自動車と観測点の直達距離[m]

 $\Delta L_{cor}$ :各種の要素に関する補正量

Chuo University

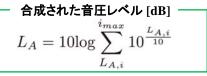
CM Lab.

#### ASJモデルによる伝播計算



③直接音, 反射音の合成

①A特性音響パワーレベルの算出



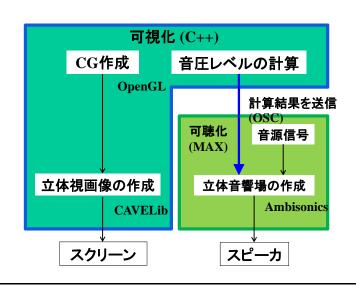
i<sub>max</sub>:行った伝播計算の数

 $L_{Ai}$ : 伝播計算後の各音圧レベルの値

Chuo University

CM Lab.

#### 本システムの概要



Chuo University

CM Lab.

#### 道路交通騒音の車両音源データの測定試験

#### 試験の日時

平成24年11月20日(晴天)

#### 試験場所

国土技術政策総合研究所試験走路



http://www.nilim.go.jp/japanese/recruit/recr2005/labo/road.html

#### 試験内容

普通自動車・大型車の2車種を用いて,試験路の直線道路部を 一定速度で走行させ,道路脇に設置した騒音計およびデータ レコーダにより走行音の収録を行う

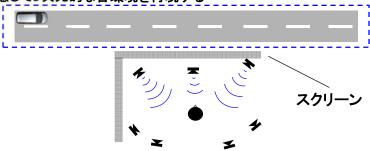
その際, 走行速度を50~100[km/h]で10[km/h]毎に変化させ, 計12種類の車両音源データを取得

# Chuo University

#### CM Lab.

#### 立体音響

立体音響とは、観測者と音源の位置関係や到来方向、拡がりを 考慮して3次元的な音環境を再現する



> スピーカから出力される音を制御する必要がある

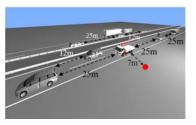
Ambisonics 球面調和関数展開に基づいており、到来音波を方向別に 分解して再生系に合わせて再構成して提示

Ward, D.B. and Abhayapala, T.D.: Reproduction of a plane-wave sound field using an array of loudspeakers, Speech and Audio Processing, IEEE Transactions on, vol.9 pp.697–707, 2001.

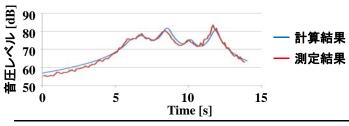


#### 適用例

作成した可聴化用音源データを適用したシミュレーション (各車種を含んだ11台の自動車が同時に走行するシミュレーション)







Chuo University

CM Lab.

CM Lab.

# まとめ

VR技術に基づく可視化技術(方法、装置)と、それのプリ・ポスト処理への適用、防災・環境問題への適用について紹介した。

- ・立体視に基づく可視化装置は低廉化・普及が進んでいる。
- ・プリ処理への適用により、これまで困難であった形状モデル・ 計算メッシュの品質確認及び修正を容易に行うことが可能と なる。
- ・ポスト処理への適用により、現象の三次元構造を対話的にか つ詳細に把握することが可能となる.
- ・防災・環境問題への適用により、自然災害による被害や環境 変化を<mark>疑似体験</mark>することが可能となる.

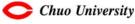
"高性能計算(HPC)から高品質計算(HQC)へ"の実現

# Chuo University

#### まとめ(防災・環境問題への適用)

#### 一結論-

- 1. 水害問題(防災問題)への適用において、臨場感のある VR空間を構築することが可能となり、防災教育のツールと して有効と言える。
- 2. 騒音問題(環境問題)への適用において、実車走行音を音源データとした立体音響化を実現することにより、音場の VR空間を構築することが可能となった。
- →高品質計算(High Quality Computing:HQC)の実現
- 一今後の課題-
  - ・よりフォト・リアリスティックな可視化を実現する
  - ・複雑な道路周辺環境への適用を実現する



CM Lab.

# まとめ

#### VR活用のメリット

- ・多人数で情報(感覚)を共有することができる。
- 現象のマクロ構造とミクロ構造を同時に観察することができる。
- ・可視化(視覚情報)のみならず可聴化(聴覚情報)の導入により、 音響問題(騒音など)にも有効である。
- ⇒・計画者・設計者・施工者間あるいはどうしの合意形成に有効 ・住民との合意形成に有効
- ・VR空間内を自由に移動でき、かつ任意のスケールで観察できる。
- ⇒・いままで気がつかないことに気がつく(新発見)