

VRで観る異常波浪・高潮について

岐阜大学

学生会員 ○松田博文, 正会員 安田孝志・陸田秀実, Junaid Amin As-salek

【1. 目的】

種々の波浪現象を解明するために、これまで流体の基礎方程式に基づく数値シミュレーション手法が数多く開発・提案されて来た。それらの計算結果の表示方法として、自由表面の波浪場については2Dまたは3D座標上に静止画として出力し、各運動諸量（流速・加速度・圧力等）についてもベクトルおよびコンター図等を用いて任意時間における瞬間の流体場の出力がなされて来た。しかしながら、これらの表示方法では、本来、時間的・空間的に連続的な現象である不規則波浪場を離散的に描画しており、対象とする広範な波浪場全体の動的な時間的・空間的変化をスムーズにリアルタイムで把握することは困難である。

そこで、本研究では非定常波浪場に対して、上述の問題を解消し、「現象変化の様子」を十分に把握するために、3次元の立体映像をコンピュータグラフィック(CG)化し、連続画像としてアニメーション化する。また、この場合、現実では不可能な視点からの観察・分析や時間変化の制御を容易に行えるようにする。さらに、あたかも波浪場中にあるかのごとく物理現象を観ることを可能とするバーチャルリアリティ(VR)映像を表示し、砕波現象および異常波浪の新たな実態解明を行う。

【2. VR手法】

2.1 表示システム

波浪現象をCGによりアニメーション化し、VR化する上で最も重要となる点は、対象領域における実現象をいかに厳密に捉え、それを入力データとして使用するかにある。そこで、本研究では図-1に示すように、種々の現象に対して既に十分精度保証のされている流体の基礎方程式に基づく数値シミュレーションを予め行い、その結果を等時間間隔の入力データとして用いることにした。また、グラフィック表示システムで用いたグラフィック・ワークステーション(GWS)はSilicon Graphics社製のOnyx, Crimzon Reality EngineおよびIndigo2(XZ)で、これにより入力データを読み込み、ハイエンド3D-CGソフトEXPLOREを用いてCG化を行った。VR化システムについては、メモリー上で描画像を上・下に2分割し、それらを高速で交互に表示させると同時に、ワイヤレスの3Dメガネおよびその駆動装置を用いてこれらを同期させ、VR映像を実現した。この一連の過程を毎時間ステップ繰り返し、連続的に行うことで、現実的な波の伝播アニメーション画像の創出が可能となった。なお、描画像には適時カラーリングを行い、プロジェクターを用いることで大型スクリーン表示も可能となるシステムである。

最後に、グラフィック・ワークステーション画面上に表示されたアニメーション画像は、スキャンコンバータを用いてアナログRGBデータをデジタルRGBデータに直し、適当な処理の後、アナログのビデオ信号に変換した。最終的には、出力媒体であるビデオテープへリアルタイムに録画し、保存した。

2.2 ポリゴン（面要素）形成方法

波浪場をCG化する上で重要となるポリゴン（面要素）形成は、波面を適切に表示できるだけでなく、効率的に描画が可能となるものでなくてはならない。以下に、種々の波浪場に即したポリゴン形成方法について述べる。

BIM（境界積分法）による浅海の砕波・構造物に衝突する波の数値シミュレーション結果は、波向きX方向（一方）と水面変動Y方向の鉛直2次元断面データであるため、図-2に示すように奥行きZ方向に波形が1様であると仮定し、水深の10倍間隔をおいた断面において同一の座標(X,Y)を与える。そして、これら4点で形成される長方形ポリゴン113～313個をつなぎ合わせることによって擬似的3次元波形を造る。なお、X方向に水深の約50倍の描画領域を取り、無次元時間で約30程度を描画時間とした。

また、差分法による高潮（ベンガル湾、伊勢湾）および疑似スペクトル法によるMach反射の数値シミュレーション結果は、平面2次元(X,Z)の各格子点における水面変動Yの3次元データであるため、図-3に示すように各格子を2枚ずつの3角形ポリゴンに分割する。そして、それら3角形ポリゴン17,484～46,332個を相互につなぎ合わせていくことによって海面および海底形状（高潮のみ）の3次元描画像を造る。なお、高潮についてはベンガル湾340～216km、伊勢湾87～86kmを描画領域とし、実時間スケールで10～22時間のものを描画した。Mach反射については、ポリゴン数29,070個、無次元領域80×194とした。

【3. 結果】

図-4は、砕波および構造物に衝突した波のCGによるアニメーション画像を任意時間で静止させ、スクリーン上に映写された一画像を暗室でカメラ撮影したものである。本来、アニメーションによる動画像であるため、これらのケースは勿論のこと、高潮やMach反射に関するケースについても、マクロ的なスケールで波浪場全体の連続的時間変化を把

握することが可能となり、現象の理解が深まった。また、各運動諸量（流速・加速度・圧力等）を水面変動と同時に重ね合わせ描画するといった複数レンダリングが可能となり、物理量同士の相互関係がより一層理解し易くなった。さらに、観察視点を容易に変化させることで、現実では不可能な視点からの分析が可能となった。今後は、このような非定常計算を行いながらその結果をリアルタイムに表示、フィードバックするインタラクティブビジュアライゼーションを利用し、種々の現象の一層の理解を深める予定である。

最後に、本研究は岐阜大学地域共同研究センター内のシステムを利用させて頂いた。ここに付記し、謝意を表します。

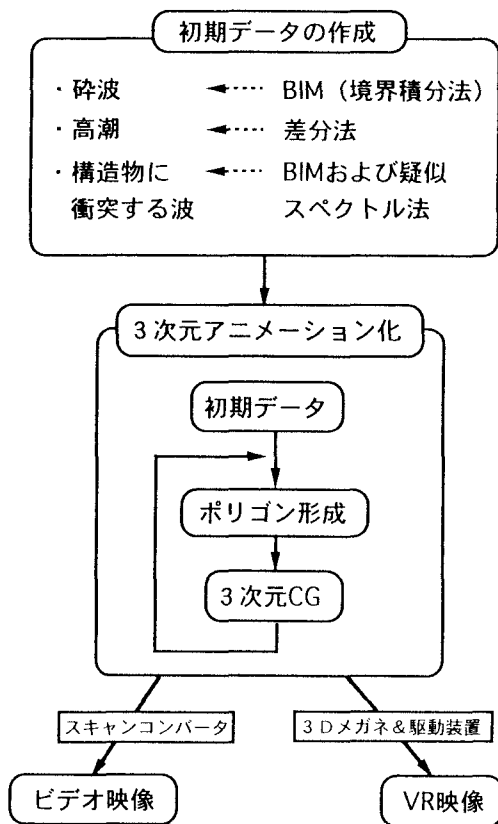


図-1 VR表示システムの概念図

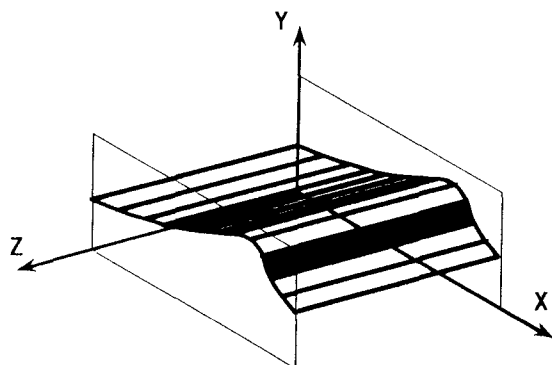


図-2 碎波現象におけるポリゴンの形成方法

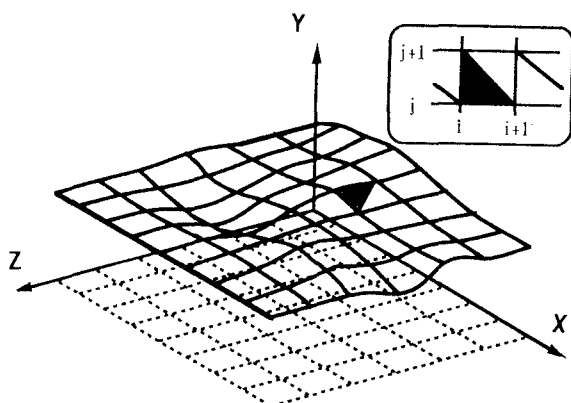
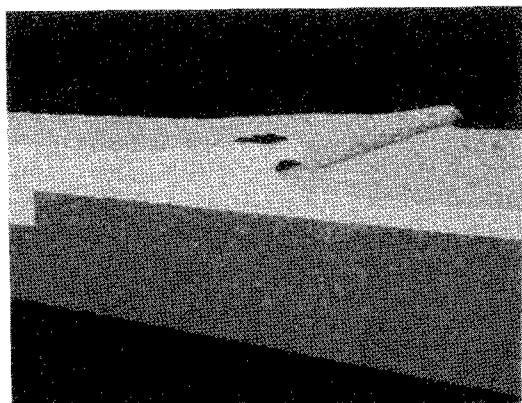
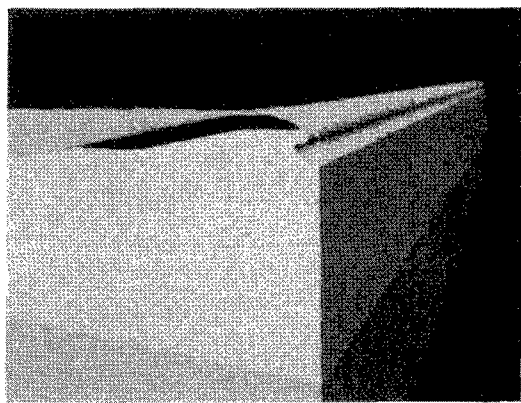


図-3 高潮におけるポリゴンの形成方法



(a) 碎波



(b) 構造物に衝突する波

図-4 CG表示された波浪現象