

# 並列計算によるリアルタイム津波情報提供システムの検討

Tsunami Real-time and Advanced Information System using the parallel computation

阿部 郁男 Abe Ikuo

北海道・東北地方は地震・津波の常襲地帯であり、これまでも大きな被害を受けてきた。このような地震・津波災害から地域社会を守ることは、北海道・東北地方を活動拠点とする(株)日立東日本ソリューションズにとっては重要な社会貢献のテーマである。このような背景から、(株)日立東日本ソリューションズでは、東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター殿との共同研究を実施し、地域を守る新たな津波情報システムTIMINGの実現に向けて取り組んでいる。共同研究の結果、三陸沖などの限られた範囲内であれば、現在の津波警報よりも具体化、詳細化された津波情報をリアルタイムで提供できることが分かった。また、より広範囲に詳細な津波情報をリアルタイムで提供するためには、計算手法の改良が必要であることが分かった。本稿では、これらの検討過程と計算手法の改良について述べる。

## 1 はじめに

2003年5月26日には三陸南地震、7月26日には宮城県北連続地震、そして9月26日には十勝沖地震と北海道・東北地方を中心に相次いで震度6クラスの地震災害に襲われた。北海道・東北地方は地震常襲地帯であり、更には海域を震源とする大地震によって引き起こされる津波によってもこれまでに多くの被害を受けてきた。

このような地震・津波災害から地域社会を守ることは、北海道・東北地方を活動拠点とする(株)日立東日本ソリューションズにとって、重要な社会貢献のテーマである。そこで、2002年度より東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター殿に研究員を派遣して、地域社会に貢献できる防災対策の共同研究を実施している。本稿では、その共同研究のテーマである「リアルタイム津波情報システム (TIMINGシステム: Tsunami Integrated Media Information Guide Network System)」<sup>1)</sup> 実現の可能性を報告する。

## 2 津波情報の課題とTIMINGシステム

津波が発生する原因の約9割は海域を震源とする地震である。地震により海底に地殻変動(隆起・沈降)が起こると、その地殻変動が海にも伝わり海面が上下する

(図1)。これが津波の最初の形、初期波源と言われるものであるが、地震発生直後に初期波源の形を正確に推定することは不可能である。この初期波源の誤差は、津波が高くなる沿岸域にはより大きな影響を与える。

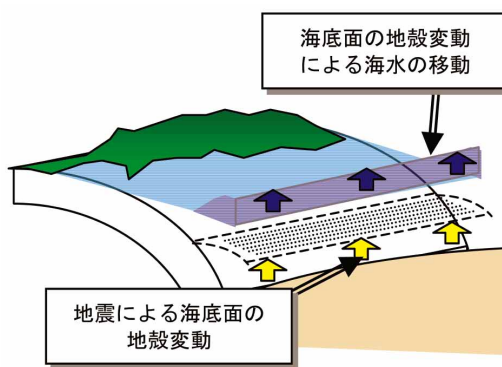


図1 津波発生メカニズム

津波の発生が予見されたときに発表される現在の津波警報（津波情報）は、日本全国を対象とした広域性および早期情報発信の観点から、図1のような初期波源を仮定した10万件のデータベース検索により行われている。このため、地形や初期波源の影響で大きく異なる津波の高さを、ほぼ都道府県ごとに平均的な津波の高さで表現できているに留まっている。

このような津波情報の課題は、出された情報が正しく理解され、安全な避難行動に結び付けてもらうことである。2003年5月26日の三陸南地震では、岩手県から宮城県沿岸部を中心に最大震度6弱という大きな揺れとなったが、津波を警戒して避難をした人は僅か1割弱に留まった。地震後に津波を考えた人は8割程度にもなったが、その多くは自宅でTVにより報道される情報に釘付けになっていただけではなく、津波を確認しようと漁港などへ向かう人もいた。また、2003年十勝沖地震においても、津波来襲予測時間になっても漁港などで船を繫留したり、船を沖に出す様子が見られた。このような行動は非常に危険であり、多くの犠牲者を出す恐れがある。そこで、安全に避難できるタイミング、場所の判断を行うためにも、広域的な情報だけではなく、地域ごとの詳細で具体的な情報をリアルタイムに発信する必要がある。情報の具体化について図2に示す。

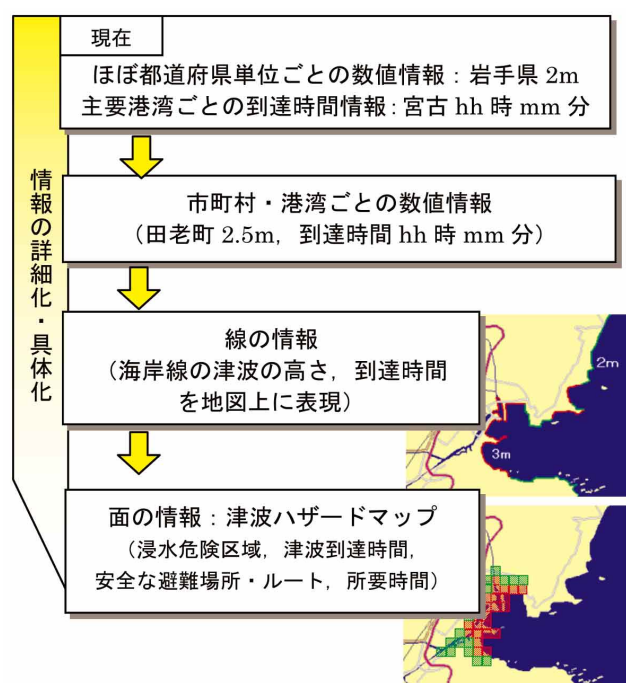


図2 詳細かつ具体的な津波情報の提供

TIMINGシステムは、このような津波情報の課題を解決し、安全な避難行動を実現するための津波情報システムである(図3)。

TIMINGシステムでは、「情報の共有化」「情報の高度化」および「防災意識の高揚」の3つの柱を掲げている。まず、各地に設置されている津波観測システムなどの情報を共有することにより津波襲来をいち早く察知することが出来る。次に、津波観測システムなどで実際に観測

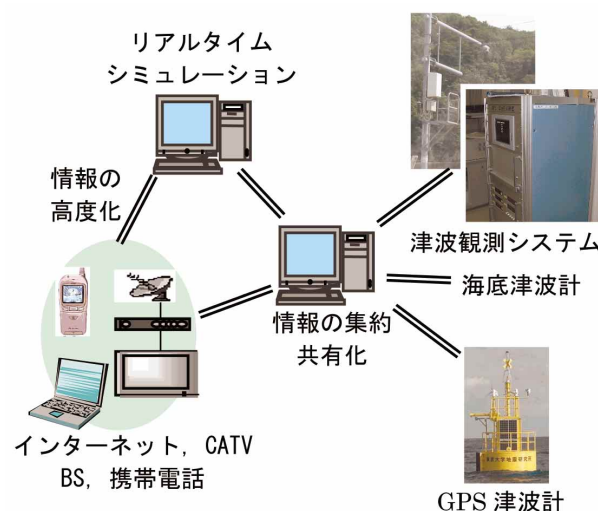


図3 TIMING システムの構成

された津波のデータを利用しリアルタイムシミュレーションを実施することにより、より正確な津波情報を発信することができるようになる。実際に観測された津波データをリアルタイムで利用することにより、「初期波源の誤差」という課題を解決することができる。しかし、正確な情報を発信することができても、その情報が正しく理解されないようでは有益な情報システムとは言えない。そこで、津波の高さで表現するだけの情報ではなく、実際にどの地点まで津波が来るのか「リアルタイム津波ハザードマップ(図2)」を具体的に示す必要がある。

(株)日立東日本ソリューションズでは、これまで科学技術計算分野で培ってきた並列計算技術を活用して、TIMINGシステムの中核となる津波シミュレーション計算の高速化に取り組んでいる。安全な避難を実現するためには、正確な情報を早期に発信することが重要であり、津波シミュレーションを高速化することはTIMINGシステムにとっては不可欠な研究テーマとなっている。

### 3 リアルタイム予測実現の可能性

津波数値計算は対象となる領域を格子で区切り、格子の水位計算と格子間の流量計算を繰り返すことで行われるLeap-frog法<sup>2)</sup>が一般的に使われている(図4)。

繰り返しの回数は、再現時間(何分間にわたる津波の動きを計算するか)と、何秒ごとに水位・流量計算を行うか(時間ステップ)によって決められるが、これらの格子間隔と時間ステップは、発信できる情報の精度と計算時間に大きな影響を与えている。格子間隔を大きくす

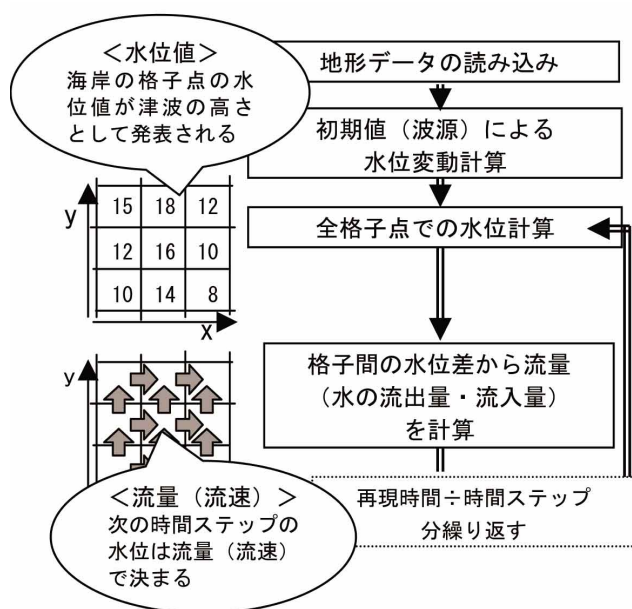


図4 津波数値計算の概略

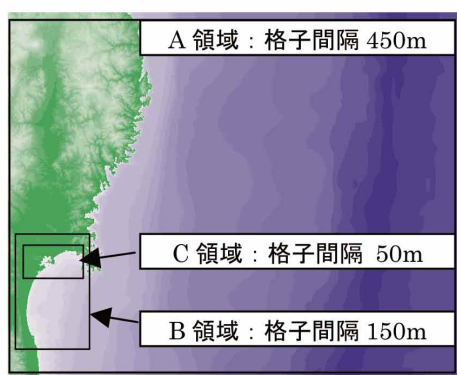


図5 計算対象領域

れば計算時間は短縮されるが、地形の再現性が悪くなり、複雑な地形を持つ海岸部の計算精度が低下し、詳細な情報提供が行えない。同様に時間ステップを長くすれば計算時間は短縮されるが、津波の移動速度が浸水に比例するために、時間ステップを長くすることで津波の動きを正確に捉えられなくなる。情報の精度という点では、より小さな格子間隔で計算することが必要であるが、格子点数が多くなるほど大規模な計算資源が必要となる。

例えば 図5 のような三陸沖（A領域）を計算対象としただけでも総格子点数は1,305,926（A領域798×633，B領域436×574，C領域1012×544）となる。図5の条件下（範囲および格子間隔）で再現時間30分間の津波の動きを計算するだけでも 675MHzのCPUを64個利用した並列計算機で約2分の時間が必要である。しかし、実際

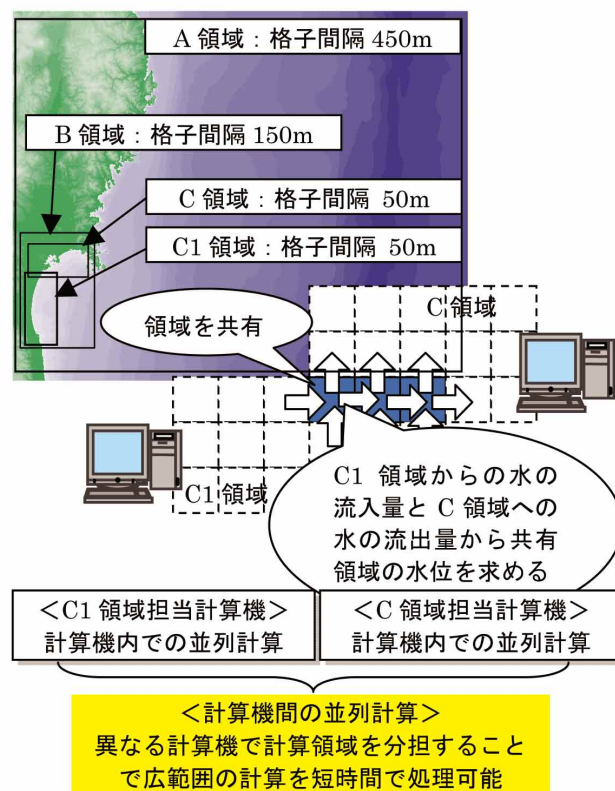


図6 格子間隔50m領域の拡大にあわせた並列処理化

の津波は、30分で終わることはなく何度も何度も繰り返し襲ってくる上に、本研究の目的である詳細かつ具体的な津波情報（図2）を提供するためには、C領域のように格子間隔を50mとした精度の高い計算対象領域を更に広げることが必要である。このような情報提供をリアルタイムに行うためには、これまで使われていた津波数値計算手法を改良する必要がある。

そこで、図6に示す改良手法を考案した。同じ格子間隔の領域を複数（C，C1）に分割し、それぞれの領域

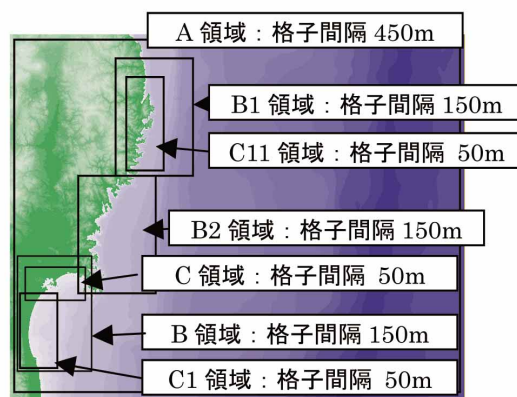


図7 計算対象領域の拡大

内の水位および流量計算を、それぞれの領域を担当する計算機（C担当，C1担当）内で計算を行う。

更に，C領域の計算とC1領域の計算を並列化することで，より広い範囲での詳細な津波数値計算が実現できる。

また，この手法を応用し，例えば，B1，B2領域や（B領域と同じ150m格子間隔），B1領域の中にC11領域（C領域と同じ50m格子間隔）を設けることで，より広い範囲での詳細な津波情報の提供が可能となる（図7）。

#### 4 おわりに

今回の検討により，三陸沖という限定された範囲であれば，現在の技術においても詳細な情報を提供することができることが分かった。また，より広範囲でリアルタイムに情報を提供するためには計算手法の改良が必要であることが分かった。今回，新たに提案したようなプログラムの並列化を行う場合，オーバーヘッドを定量的に評価することが重要である。また，津波の高さは陸地および海底地形の影響を大きく受けるため，情報の精度，格子間隔，計算性能を地形との相関関係に基づいて明確にすることが必要である。このような課題について今後検討することが必要である。

終わりに，これらの研究では，東北大学大学院工学研究科 今村文彦教授および関係各位から多大なご指導とご協力をいただいた。ここに深く感謝する次第である。

#### 参考文献

- 1) 今村：防災における情報化 - 被害を最小限に抑える情報，港湾 Vol.80，pp.32-33，(2003)
- 2) 後藤：津波数値計算，後藤智明教授論文選集，pp.106-126，(2003)



阿部 郁男 1990年入社  
公共ソリューション本部  
防災ソフト対策の研究  
i-abe@hitachi-to.co.jp