

I-22

マルチ・マイクロプロセッサによる有限要素解析

中央大学 学生員 ○森 亨
中央大学 正 員 川原 陸人

1 はじめに

本研究は、パーソナルコンピュータにより、有限要素法の計算を行う場合の計算速度を短縮する方法に関する研究である。パーソナルコンピュータによる計算では、大型計算機で行う場合に比べて、処理速度が一般に遅いので、有限要素解析の計算では、計算時間が非常に長くなる。これを解決するためには、有限要素法特有の計算に着目し、その計算を行う専用の演算プロセッサを開発し、これによって計算時間を短縮する方法が考えられる。パーソナルコンピュータとしてIPS-100（日本無線株式会社製）を使用し、演算プロセッサは、インテル社の8086/8087を用いて独自に開発したものをを用いる。二段階的有限要素法による浅海長波流れの解析に適用した場合について、計算時間の短縮の可能性を検討した。

2 構成図

演算プロセッサは、図-1に示すように6組のマイクロプロセッサによって構成されている。演算プロセッサは、8086/8087を組み合わせて用いた。8086は、制御機能を有するマイクロプロセッサユニットであり、8087は、浮動小数点演算を行うコプロセッサである。

各演算プロセッサは、コンピュータとしての最小構成となっており、各々独立に、動作することができる。また、演算プロセッサの各々のメモリは、本体の外部バスに接続されている。したがって演算プロセッサからは、本体のメモリをアクセスすることはできない。本体から、演算プロセッサのメモリに、データを送受信しなければならない。

3 線形浅海長波流れの有限要素解析

時間に依存する長波の伝播は、次の方程式によって表すことができる。

$$\dot{U}_i + g \zeta_{,i} = 0 \quad (1)$$

$$\dot{\zeta} + h U_{i,i} = 0 \quad (2)$$

$$U_i = \hat{U}_i \quad \text{on } S_1 \quad (3)$$

ここで U_i は流速、 ζ は水位、 g は重力加速度、 h は水深である。

(1)、(2)式に有限要素法を適用すると、次の離散化した方程式を得る。

$$\bar{M}_{\alpha\beta} U_{\beta i}^{n+1/2} = \bar{M}_{\alpha\beta} U_{\beta i}^n - \frac{\Delta t}{2} g H_{\alpha\beta i} \zeta_{\beta}^n \quad (4)$$

$$\bar{M}_{\alpha\beta} \zeta_{\beta}^{n+1/2} = \bar{M}_{\alpha\beta} \zeta_{\beta}^n - \frac{\Delta t}{2} h H_{\alpha\beta i} U_{\beta i}^n \quad (5)$$

$$\bar{M}_{\alpha\beta} \zeta_{\beta i}^{n+1} = \bar{M}_{\alpha\beta} \zeta_{\beta i}^n - \Delta t g H_{\alpha\beta i} \zeta_{\beta}^{n+1/2} \quad (6)$$

$$\bar{M}_{\alpha\beta} \zeta_{\beta}^{n+1} = \bar{M}_{\alpha\beta} \zeta_{\beta}^n - \Delta t h H_{\alpha\beta i} U_{\beta i}^{n+1/2} \quad (7)$$

$$\hat{M}_{\alpha\beta} = e \bar{M}_{\alpha\beta} + (1-e) M_{\alpha\beta} \quad (8)$$

ここで、 $M_{\alpha\beta}$ 、 $H_{\alpha\beta}$ は、それぞれ離散化して得られる係数行列である。

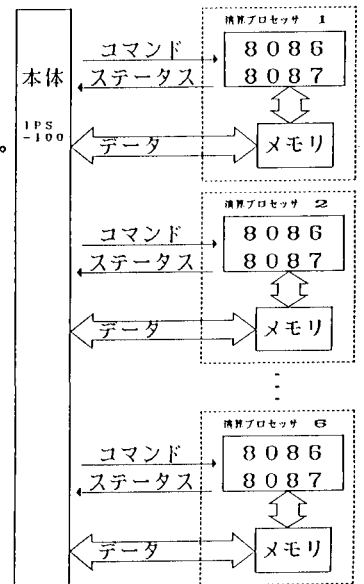
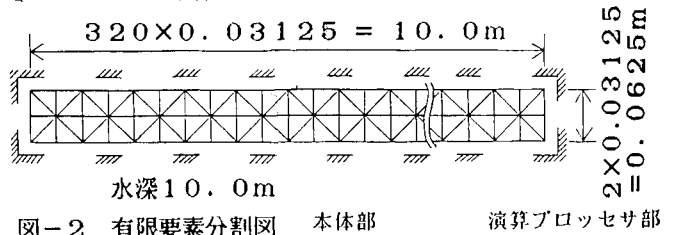


図-1 構成図

また Δt は、微小時間区間である。時間依存問題の場合(4)～(7)式を多数回繰り返して計算することになる。このとき、下線を引いた行列の乗算は同一の計算を多数回繰り返して行うことになる。よってこの部分を専用の演算プロセッサで行えば、計算時間を短縮することが可能であると考えられる。

演算プロセッサを用いた計算方法は、次のようになる。

- ① 各要素ごとの、係数行列、既知ベクトルを本体から各演算プロセッサのメモリに転送する。
- ② 各演算プロセッサで、行列の乗算を行う。
- ③ 各演算プロセッサの計算終了後、求めた各要素毎のベクトルを、本体が受信する。
- ④ 上の①～③を、要素数だけ繰り返す。

全演算プロセッサの管理はIPS-100本体で行うため、1つの演算プロセッサは演算が終了すると、本体から次のデータが送られてくるまで待の状態にあることとなる。

4. 計算結果

図-2に示す単純水路を伝播する段波について計算を行った。接点総数は963、要素総数は1280、微小時間区間(Δt)は0.002秒、ランピングパラメーター(e)は0.90である。

1秒間(500step)までの計算時間を図-3に示す。演算プロセッサを使用することによって、計算時間が短縮されることが解る。(Ⅲ)を見る限りでは、3個以上の演算プロセッサを使用しても計算時間は短縮されない。これは、本体から、3個目以降の演算プロセッサにデータを送っているとき、最初の演算プロセッサは計算を終了して、データが転送されるのを待の状態になっているためであると考えられる。

そこで、複数の要素でデータを重ね合わせてから転送することを検討した。その結果が、(Ⅸ)、(Ⅻ)である。これより、複数の要素を重ね合わせた後に転送すると、演算プロセッサの効果がより顕著に表れることが理解できる。9節点分の要素を重ね合わせた時より、13節点分の要素を重ね合わせた場合の方が、演算プロセッサの数を、増加したときの効果は、より顕著であるが、逆に計算時間が長くなることが解る。

本体では、各々の演算プロセッサで計算されたベクトルを重ね合わせなくてはならない。この重ね合わせる時間は、今回の有限要素分割の場合は、13節点分の要素を重ね合わせた場合の方が、9節点、3節点の時よりも、少ない。よって演算プロセッサを増やしたときの効果が、より顕著に表れたと考えられる。

また、本体から演算プロセッサに送受信するデータの総数は、9節点の時の方が、13節点の時より送受信するデータの総数は少ない。よって計算時間が短縮されたと考えられる。

5. おわりに

今回の解析では、演算プロセッサを使用することによって計算時間が、3時間22分から、1時間34分に短縮された。

以上により、本体側の計算量を減らした方が、演算プロセッサの数を増やしたときに、計算時間がより短縮されることが理解できる。また、データを送受信する時間も全体の計算時間の中で大きな割合をしめていられると考えられる。

現在の構成では、演算プロセッサどうしてデータのやり取りができない。全体のデータを一度に転送し、求めたベクトルを演算プロセッサ内部で重ね合わせることができれば、より計算を短縮することができると考えられる。

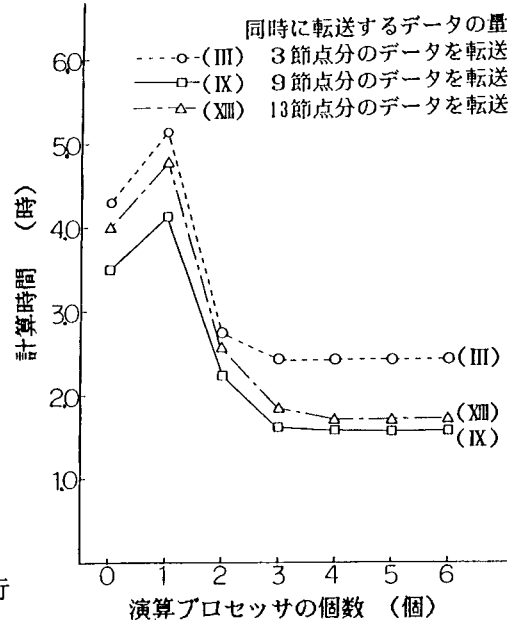


図-3 演算プロセッサの個数と計算時間