

流線描画の途切れと、Step パラメータの関係

FieldView の流線描画にあたっては（場合によっては、その他のソフトウェアでも利用されている一般的な流線処理）、以下のような処理を行っております。

ある時刻における流線を、その流線に沿ってとった座標  $s$  で表現すると、

$$\vec{u} = \frac{d\vec{x}(t)}{dt} = \frac{d\vec{x}(s)}{ds} \frac{ds}{dt} = k \frac{d\vec{x}(s)}{ds} \quad (1)$$

となります。座標位置に沿ってとった微分値は速度に比例するので、速度を空間場方向に積分処理を行うことで、流線を得ることができます。上式(1)において、 $s$  は仮想積分時刻に相当します。流線は定常場において定義されますが、その流れ場が永続的に存在すると仮定して、時間経過に従って仮想粒子の経路を辿るような積分処理を行います。上式(1) を、積分形で表現すると、

$$\vec{x}_2 = \int_{T_1}^{T_2} \vec{u}(\tau) d\tau + \vec{x}_1 \quad (2)$$

となります。ここでは式(1)の仮想積分時間  $s$  を  $\tau$  と考えます。 $\tau = \tau_1$  の際に  $\vec{x} = \vec{x}_1$  となり  $\tau = \tau_2$  の際に  $x$  は式(2)

となります。この積分演算を行うにあたって、利用しているデータが、離散データのため、一般的には、演算時に積分精度を決める必要があります。

FieldView のStreamlines パネル内[Options] タブの中に、[Calculation Parameters] - [Step] という調整値があります。この数値が上述の積分精度パラメータとなります。Step の数を増やすと、より遠方部分のセルに影響が及ぶ演算を行います。注意点として、狭窄領域に流路を持つ場合、計算セルが1セル、2セルだけだと、Step=10 のような大きな精度で、演算ができません。

一時刻（上述にあるように仮想時刻です）での積分計算で10 セル分の遠方に及ぶような計算を行っても、流路が1セル、2セル程度だけであれば、流線検出時に壁面情報と干渉を起こし、計算がストップします。

演算精度を上げるにはStep 値を上げることが好ましいですが、複雑でセル数が少ない流路を有した解析領域に関してはご注意くださいでしょうか。

補足情報として、式(2)において、 $\vec{u}(\tau)$ が $\tau = \tau_1$ の値から変化がないと仮定し、 $\tau = \tau_2$ まで積分すると

$$\vec{x}_2 = \vec{u}(\tau_1)\Delta\tau + \vec{x}_1 \quad (3)$$

という具合に、オイラー陽解法的な表現で演算が可能になります。FieldView では、陽解法を精度を上げるために、2 次オーダーのRunge-Kutta 法を利用し、下記のような形で演算処理を行っています。

$$\vec{x}^* = \vec{u}(\tau_1)\Delta\tau + \vec{x}_1 \quad (4)$$

$$\vec{x}_2 = \vec{x}_1 + \frac{1}{2}\vec{u}(\tau^*)\Delta\tau \quad (5)$$

以上

参考文献

- [1] 数値流体力学シリーズ 6 : 格子形成法とコンピュータグラフィックス (数値流体力学編集委員会編 : 東京大学出版会1996)