

Genesis MPM で Carangiform

Genesis の MPM (Material point method) ソルバで標本データのフナを Carangiform で泳がせてみる。精度は望めないが、一応双方向 FSI (Fluid structure) 計算。MPM は格子と粒子を両方使って計算する手法。

1 Genesis 他

version は 1.2.1. API が充実して自作で書き換えられるようになった。solver などでも連成できるものが増えた。

1.1 FSI 計算

https://genesis-world.readthedocs.io/en/v1.2.1/api_reference/material/index.html

MPM ソルバで双方向計算を行う。魚は、MPM の弾性体 (MPM.elastic) で、水は、MPM の流体 (MPM.liquid)。MPM 同士なので連成計算は単純で速い。ただし、表面圧力や粘性を計算しているわけではない。近づいた粒子同士が反力を受けているだけ。反力は以下のファイルに出力されるセッティングにした。

results/force.csv

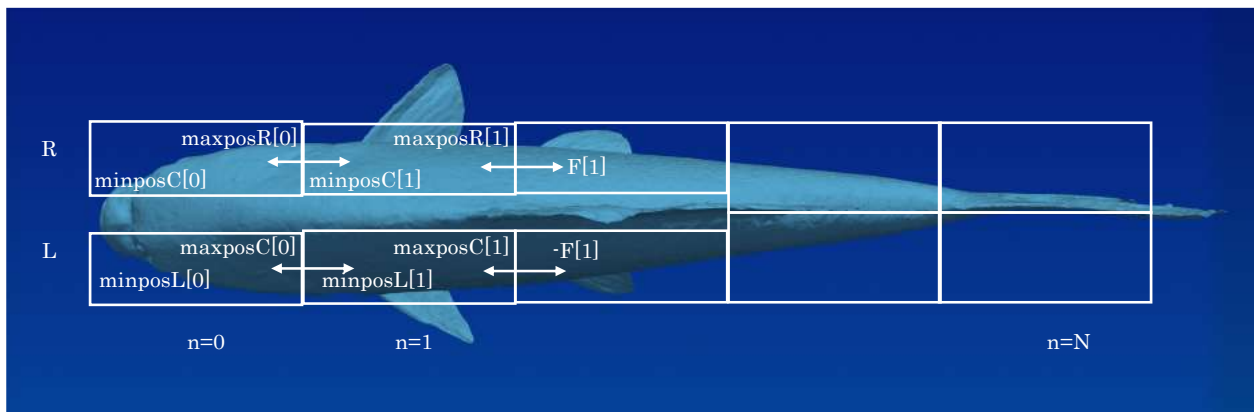
弾性体を MPM.elastic, 流体を SPH (smoothed particle hydrodynamics) で計算する双方向ソルバも提供されているが、メモリが倍になり、速度も遅く、あまりメリットはなかった。

2 Carangiform

魚を左右と前後に N 分割して、拮抗筋モデルで力を与える。ベクトル方向は $n=i$ から $n=i+1$ への粒子位置の平均。与える力は左右逆にして、

$$F[k] = F * \frac{N-k}{N} * \sin 2\pi \left(\frac{(k+1)L}{N\lambda} - ft \right)$$

とした。前後の力は、反力として和が 0 になるようにし、また、体節が太いほど一次で大きくなる ($(N-k)/N$) ようにしてある。ここで L は体長、f は周波数、 λ は波長。N 分割した領域の粒子数が M 個ある場合、各粒子に与えられる力は、 F/M になる。このため、粒子数が少ない領域は粒子一つあたりの力が大きくなるため、計算が不安定になりやすい。よって、尾びれには力を与えていない。なお、実際は力を与えているわけではなく、平均力を粒子質量で割った粒子速度変化を与えている。



3 Paraview での可視化

まず、計算中の動画は非表示にした。Genesis は可視化が鮮やかだが非常に重い。メモリーも極めて大きく使っている。以下のコマンドでそのメモリーを確保しないようにしている（スキニング処理なし）。

```
funa._need_skinning = False
```

計算結果は、vtp データとして以下に保存するようになっている。

```
results/mpm_***.vtp
```

可視化の方法に関しては、Taichi のトカゲの水上走行のデモを参照のこと。

<https://www.kikulab.chibatech.ac.jp/wordpress/wp-content/uploads/2026/03/MPMlizard01.pdf>

