

Advanced Algorithm & Systems

〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿 1-13-6 恵比寿 IS ビル 7F

TEL: 03-3447-5501 (代) FAX: 03-3447-4100

URL: <http://www.aasri.jp/>

[商品シミュレータ名]

AA&S 電磁流体解析ソフト GSMAC-SOLID

[商品紹介とご提案]

流体と固体が互いに影響を及ぼしあいながら時間発展する様子は、自然界のいたるところで観察されます。例えば、魚の遊泳や鳥の飛翔などがその典型です。これらは、流れによる固体の変形と固体の変形に伴う流れの変化が連動することにより生まれる複雑な現象と言えます。

今回ご紹介致しますのは、二次元の流体-固体連成問題を、慶応大学で棚橋先生が開発されたGSMAC(Generalized-Simplified Marker and Cell)有限要素法に基づいて数値的に解析するソフトウェアです。なお、本ソフトウェアでは、流体モデルには、非圧縮性Newton 流体を、また、固体モデルには、歪みが小さい場合は、St.Venant-Kirchhoff 体を、また、歪みが大きい場合は、Mooney-Rivlin 超弾性体を採用することができます。

本ソフトウェアは、工業分野における、タイヤのドロプレーニ

ング現象、原子力分野における、ナトリウム流による構造体の励振、あるいは、生体工学の分野における、生体組織（血管壁、心臓弁、眼球網膜、等）の運動などのような、流体と軟らかい固体の連成現象の解析に特に適しています。（様々な問題に対応するために、棚橋先生のご指導の下、本ソフトウェアのカスタマイズ作業も行わせていただきます。）

解析対象

二次元の流体-固体連成問題

計算方法

GSMAC 有限要素法

連続体モデル

非圧縮性Newton 流体
St.Venant-Kirchhoff 体
Mooney-Rivlin 超弾性体

応用範囲

タイヤのドロプレーニング現象の解析
ナトリウム流による構造体の励振
生体軟組織の運動解析
など

[計算方法：GSMAC 有限要素法]

GSMAC 有限要素法は、非圧縮性流体の数値解析における速度-圧力分離型差分法として定評のある、HSMAC 法（SOLA 法とも呼ばれる）を有限要素法化したものです。近年は、学術分野のみならず、産業分野においても、単純性、頑強性、効率性を平均的に満足した数値解析手段として GSMAC 有限要素法は注目されています。

本ソフトウェアでは、二つの性質の異なる連続体の支配方程式は、GSMAC 有限要素法を用いて一括して解かれます。このような強連成法を採用しているために、本ソフトウェアは、固体の大変形が伴うような複雑な連成問題に対する強力な解析ツールになります。

[解析事例：弾性板の二次元渦励振問題]

渦励振は、流体中の固体から放出される渦にともなう非定常な流体応力の影響で生じる強制振動です。ここでは、剛体角柱からの放出渦と剛体角柱に付属した弾性板が相互作用する二次元渦励振問題を解析した結果（詳しくは文献[1]をご覧ください）を紹介致します。

計算条件：連続体の物性値

○非圧縮性 Newton 流体

ρ	1.18 kg/m^3
μ	$1.82 \times 10^{-5} \text{ Pa}$

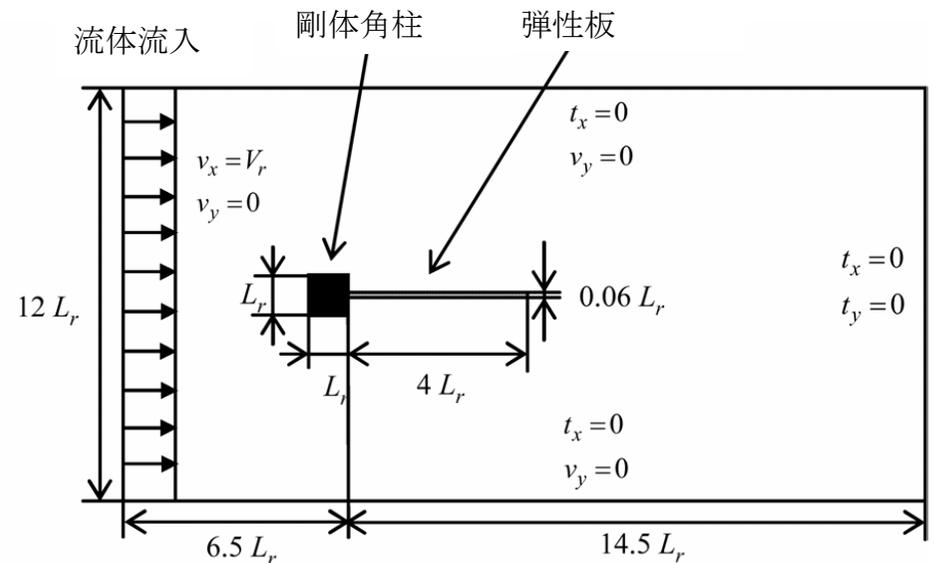
(ρ は密度、 μ は粘性係数)

○Mooney-Rivlin 超弾性体

ρ	$1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
c_{10}	$1.81222092 \times 10^5 \text{ Pa}$
c_{01}	$9.95175450 \times 10^3 \text{ Pa}$
c_{11}	$-1.51094601 \times 10^2 \text{ Pa}$
c_{20}	$-2.11709610 \times 10^3 \text{ Pa}$
c_{02}	0.0
c_{21}	0.0
c_{12}	0.0
c_{30}	$5.00884866 \times 10^1 \text{ Pa}$
c_{03}	0.0

(c_{ij} は Mooney-Rivlin 定数)

計算条件：流体の境界条件



$$L_r = 1.0 \times 10^{-2} \text{ m} \quad V_r = 51.3 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

※ 初期条件として、流体をインパルシブに左方から速度 V_r で流入させています。

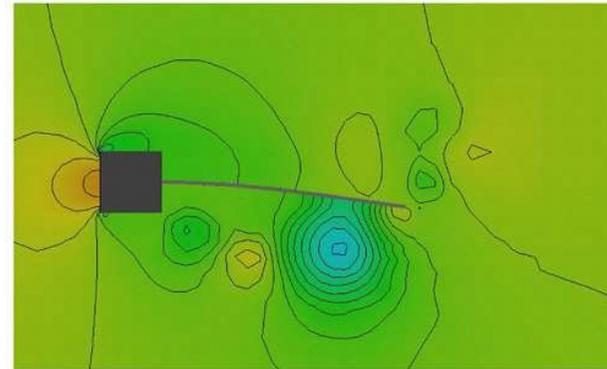
解析結果：圧力分布（等圧力線）の時間変化



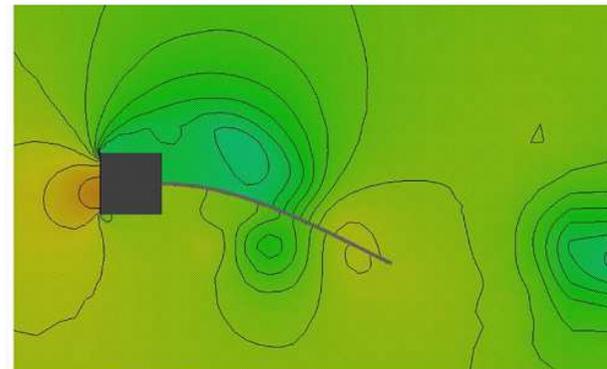
(a) $t = 5.3 \text{ s}$



(b) $t = 5.4 \text{ s}$



(c) $t = 5.5 \text{ s}$



(d) $t = 5.6 \text{ s}$

【参考文献】

1. 橋本，山本，棚橋，「GSMAC-ALE 有限要素法に基づいた流体固体連成解析」，Transactions of JSCES, Paper No.20060019