

CAE実践講座

メッシュ形状の問題点について

本レポートは、長年、解析業務を行う中で気づいたことを記した個人的なレポートです。

1993年のものではありますが、もう一度掲載してほしいとのご要望をいただき、再度公開することにしました。

本レポートが、解析業務従事者や、CAEを学ぶ人々の役に少しでも立てれば幸いです。

CAE教育研究所 所長 榎戸 正一

このページは、以下のサイトから、いつでも閲覧およびダウンロードできるようにしております。

<http://www.cae-school.com>

<http://www.engineering.co.jp>

CAE 実践

- 長年 CAE での解析業務に携わってきたなかで、何かすっきりしない点がありました。それは、メッシュ形状の問題です。一般的に、6 面体の方が解が真値に近いということは、言われていますが、それでは4 面体の1 次と2 次メッシュに比べてどれ位違うのか。その答えを探すのは、本当に難しい問題かもしれません。今回行った比較検討は、この問題に対するひとつの回答を出したものだと思います。
- 以下に挙げる比較は、固有値及び応力についての6 面体（1 次）メッシュ、4 面体1 次メッシュ、4 面体2 次メッシュ及びメッシュ粗密での比較の一例です。（Fig.3~8、CASE I ~VI参照）結果の比較では、6 面体で密なメッシュの CASE II が真値に最も近いとして評価しています。
- モデルとしては、コの字型の下に柄のついた棒形状に集中マスがリジットリンクで締結されているもので、柄の部分の底面を全拘束してあります。棒状部分は、鉄で集中マスは、1 kg としました。このこの状態で固有値を解析した後、集中マスの-z 方向に 10kgf の力を加えたものの相当(Von Mises) 応力及び変位コンター図(x,y,z の各変位量を2 乗して加算しルートをとったもの)にて比較しました。

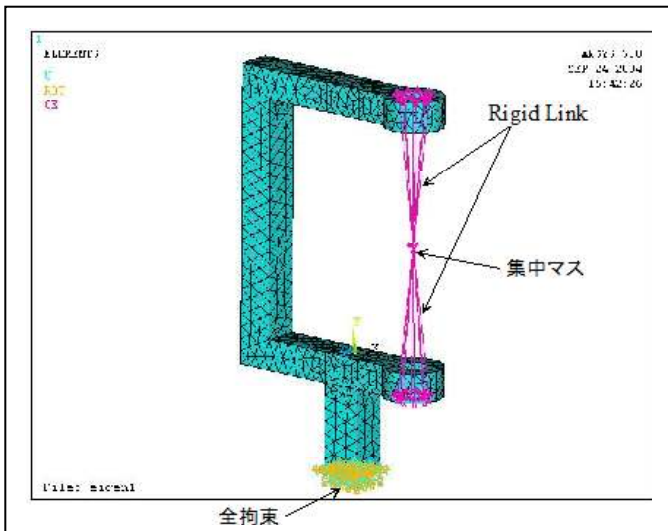


Fig.1 固有値解析モデル

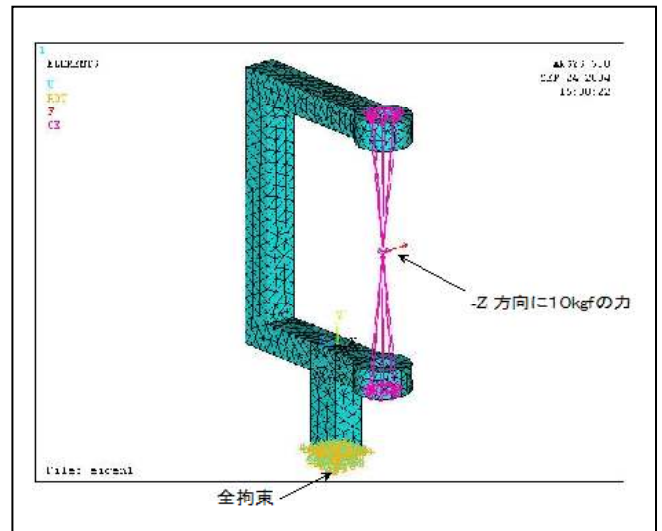


Fig.2 応力解析モデル

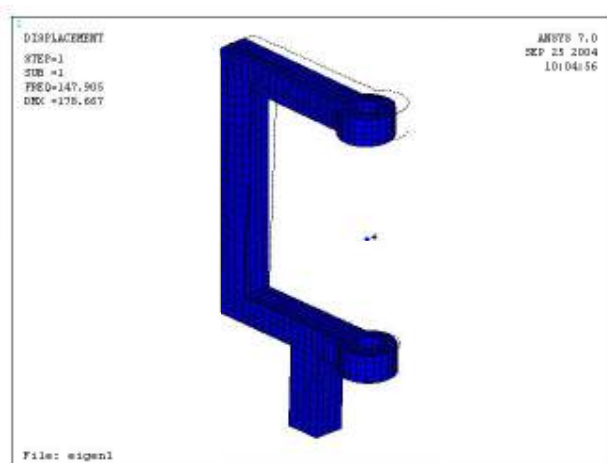


Fig.3 CASE I : 粗な6面体1次メッシュモデル
(固有値1次のモード) 節点数 2055, 要素数 1260

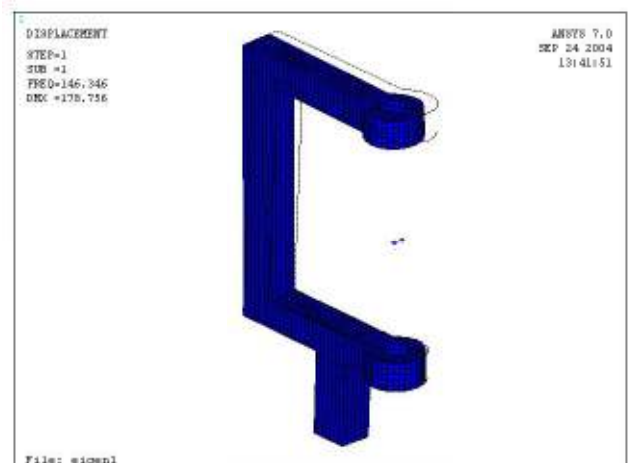


Fig.4 CASE II : 密な6面体1次メッシュモデル
(固有値1次のモード) 節点数 6184, 要素数 4381

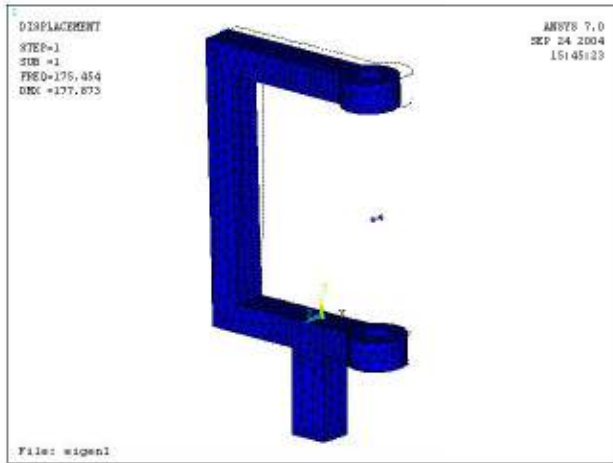


Fig.5 CASEIII:粗な4面体1次メッシュモデル(固有値1次のモード) 節点数 1259, 要素数 4209

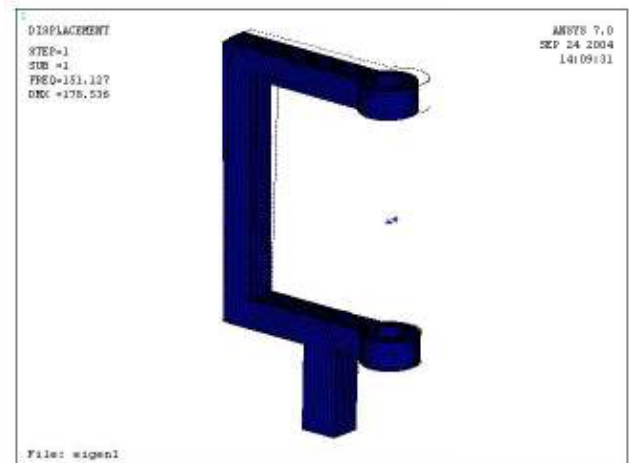


Fig.6 CASEIV:密な4面体1次メッシュモデル (固有値1次のモード) 節点数 12122, 要素数 56173

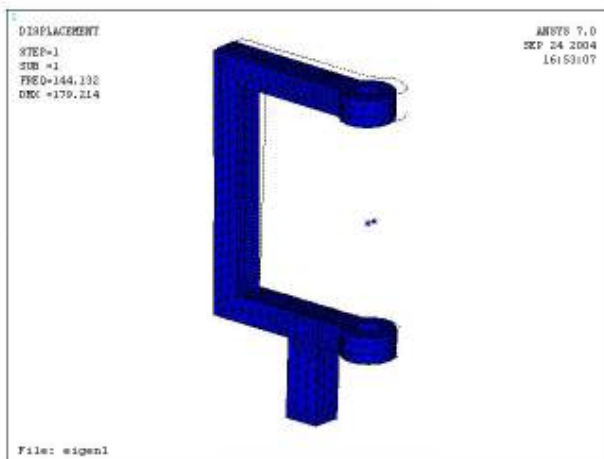


Fig.7 CASEV:粗な4面体2次メッシュモデル(固有値1次のモード) 節点数 7709, 要素数 4209

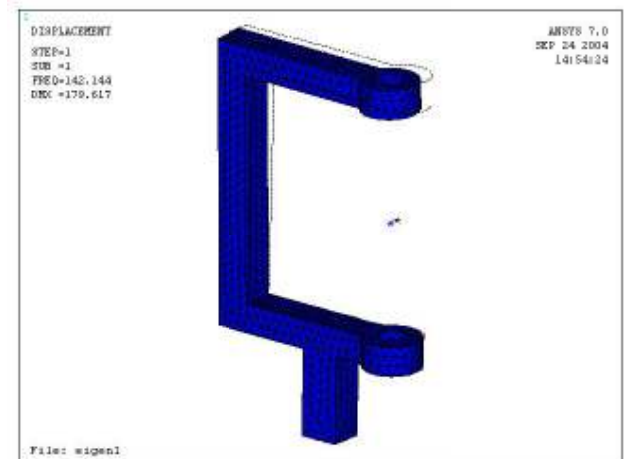


Fig.8 CASEVI:密な4面体2次メッシュモデル (固有値1次のモード) 節点数 12485, 要素数 7187

※固有値解析での比較

- 下表は、1~6次までの固有値(周波数)を各CASEごとに比較したものです。単位はHz
カッコ内は、CASE IIをベースにこれからどれほど離れているかを表した数値で、計算式は、
(各CASEの値/CASE II - 1) × 100 としました。各モードについては、合致しております。

表1 固有値比較表

CASE	1次	2次	3次	4次	5次	6次
I	147.91(1.1%)	180.34(0.8%)	1008(1.3%)	1075.3(1.3%)	4068.6(1.3%)	4487.5(1.8%)
II	146.35	178.89	991.59	1061.4	4016.6	4406
III	175.45(19.9%)	204.87(14.5%)	1226.5(23.7%)	1307.4(23.2%)	4688.3(16.7%)	5092.1(15.6%)
IV	151.13(3.3%)	183.02(2.3%)	1030.2(3.9%)	1101.5(3.8%)	4133.8(2.9%)	4538.8(3.0%)
V	144.13(-1.5%)	177.5(-0.8%)	983.04(-0.9%)	996.86(-6.1%)	3967.5(-1.2%)	4335(-1.6%)
VI	142.14(-2.9%)	176.45(-1.4%)	955.73(-3.6%)	977.35(-7.9%)	3942(-1.9%)	4286.2(-2.7%)

これより、各次数でばらつきがあるものの、CASE I、IV、V、VIが良い一致をしめています。4面体1次メッシュでは、真値に対して値が大きめに出、2次メッシュでは小さめに出る傾向があります。

応力及び変位での比較

Fig.2 で示される応力解析モデルでの結果で相当応力(Von Mises)と変位(x,y,z 合算)コンター図を以下に示します。

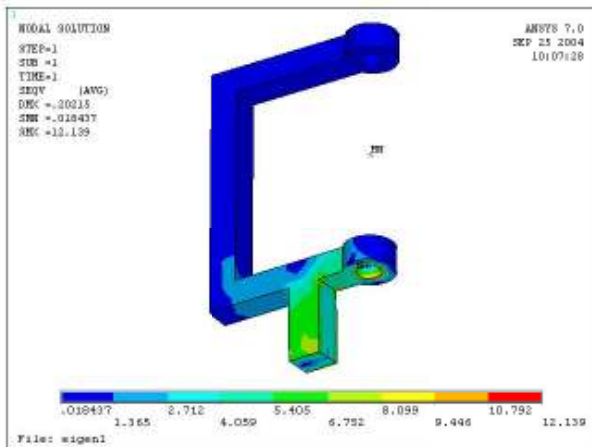


Fig.9 CASE I 相当応力コンター図

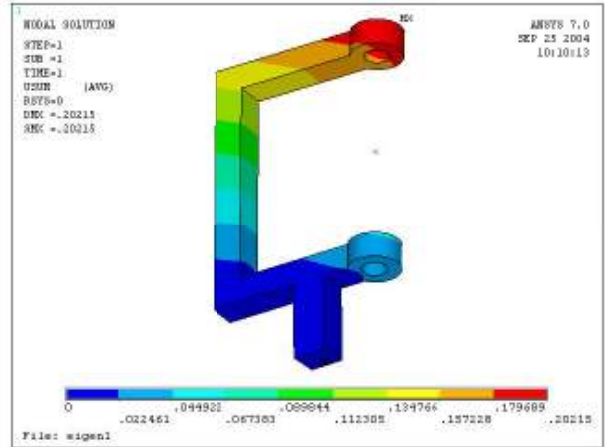


Fig.10 CASE I 変位コンター図

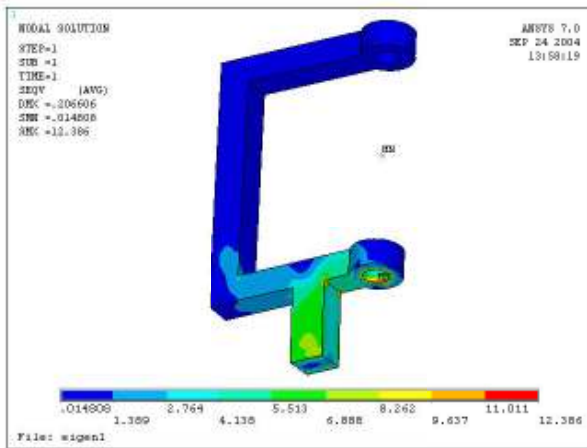


Fig.11 CASE II 相当応力コンター図

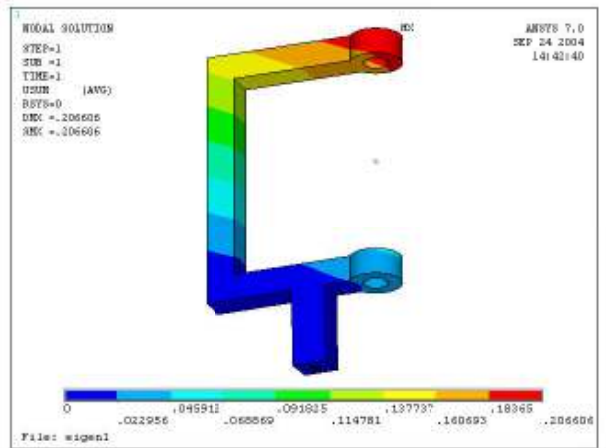


Fig.12 CASE II 変位コンター図

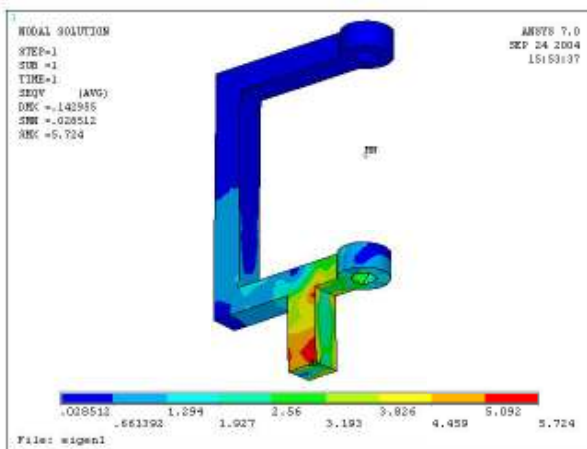


Fig.13 CASE III 相当応力コンター図

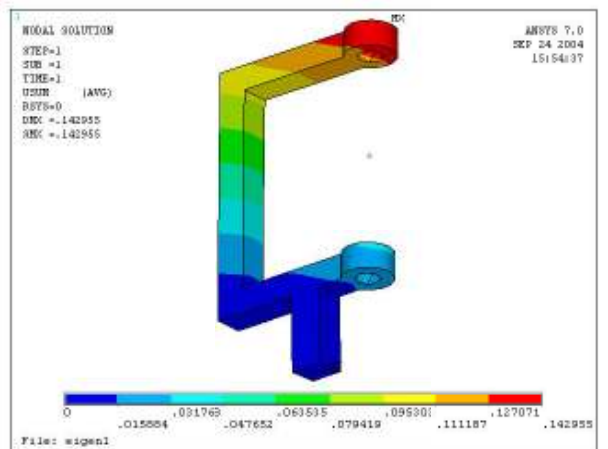


Fig.14 CASE III 変位コンター図

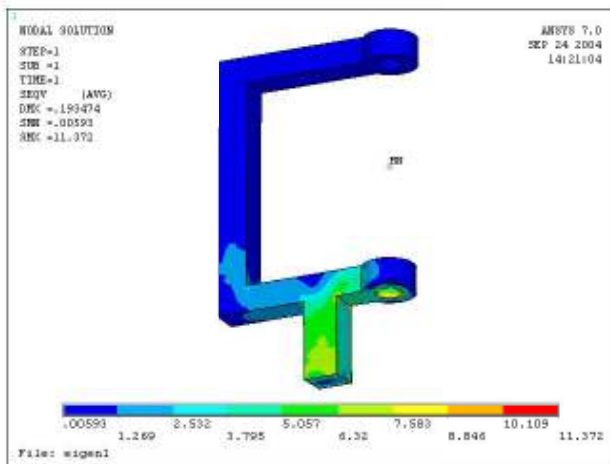


Fig.15 CASEIV 相当応力コンター図

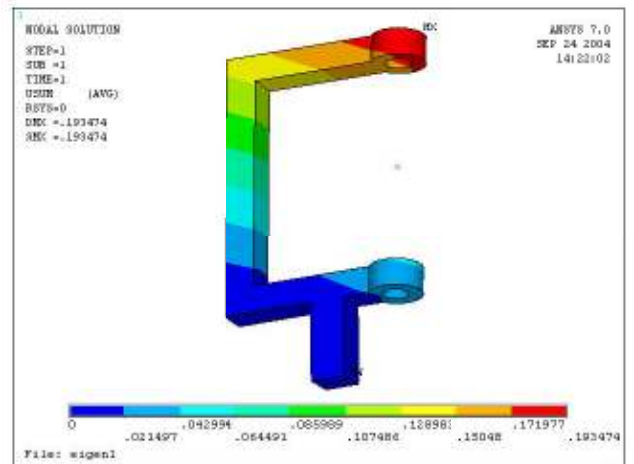


Fig.16 CASEIV 変位コンター図

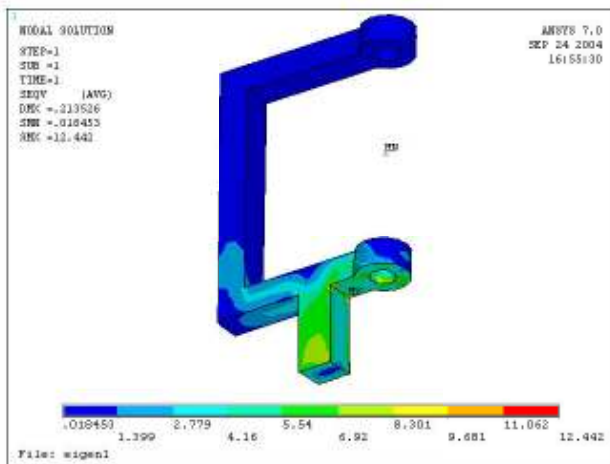


Fig.17 CASEV 相当応力コンター図

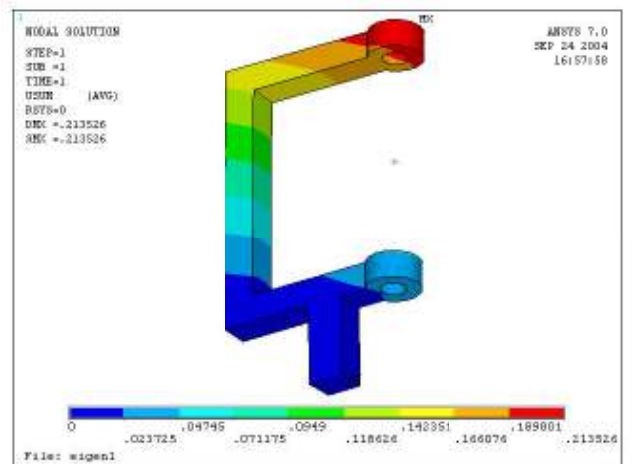


Fig.18 CASEV 変位コンター図

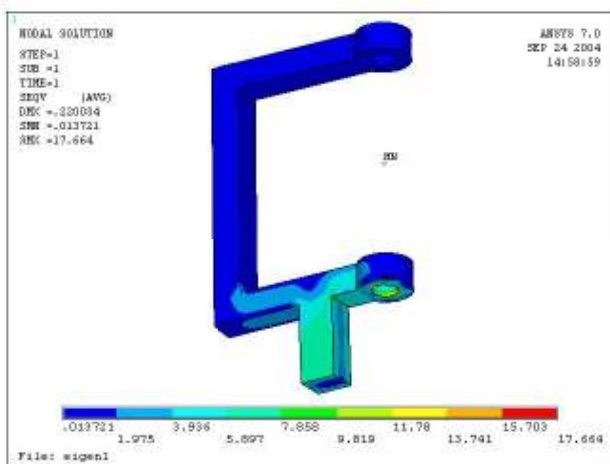


Fig.19 CASEVI 相当応力コンター図

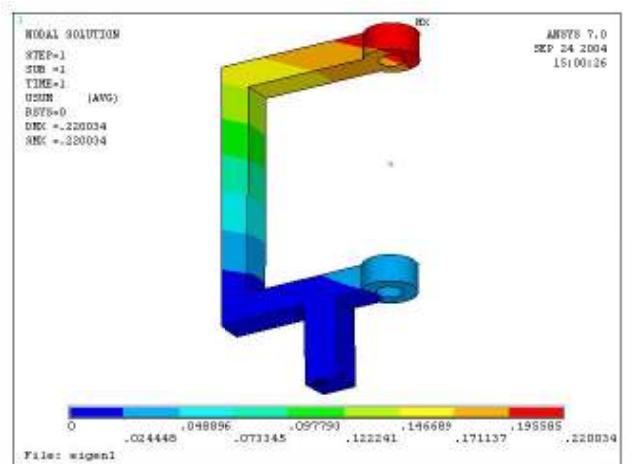


Fig.20 CASEVI 変位コンター図

- ・ 応力及び変位の結果を Max 値で比較すると下表となる。単位は応力 : kgf/mm²、変位 : mm
カッコ内は、固有値の場合と同じく CASE II をベースにこれからどれほど離れているかを表した数値で、計算式は、(各 CASE の値/CASE II - 1) × 100 としました。

表 2 応力及び変位比較表

解析結果の種類	CASE I	CASE II	CASE III	CASE IV	CASE V	CASE VI
相当応力Max値	12.14(-2.0%)	12.39	5.72(-53.8%)	11.37(-8.2%)	12.44(0.4%)	17.66(42.5%)
変位Max値	0.202(-2.4%)	0.207	0.143(-30.9%)	0.193(-6.8%)	0.214(3.4%)	0.22(6.3%)

これより CASE I 及び V は良い一致を示し、CASE IV もそれに続き比較的良い一致を示します。
CASE VI については、応力値がかなり高めに出てしまい応力集中が強まることがわかります。
CASE III については、応力値及び分布もかなり CASE II と違ってしまいます。

結論

- ・ 以上の解析結果より、6 面体メッシュである程度妥当なメッシュあれば、比較的粗いメッシュであっても細かいメッシュに近い計算結果がえられます。
- ・ 4 面体 1 次メッシュは、粗い場合は、解の精度が落ちる（変形しづらい現象が出る）ので使わない方が良い。細かいメッシュであれば解の精度が上がるが、かなり細かくしなければならぬので、解析時間、データ量及び解析モデルの大きさの点で制約があるのであまり使わない方が良いと思われます。
- ・ 4 面体 2 次メッシュについては、ある程度粗いメッシュであれば、固有値、応力値及び変位量ともに 6 面体の細かいメッシュに近い値となり、マシンパワーにも負担がなく時間的にも短くてすむので、6 面体メッシュにならないモデルについては、このメッシュがお勧めです。
但し、細かいメッシュになると、固有値では、低めの値となり、応力値としては、かなり高めの値をとるようになるので、注意が必要です。

株式会社ベリテでは、このような点を踏まえ、6 面体にできるものは 6 面体で、できないモデルについては 4 面体 2 次のメッシュにて、なるべく精度の高い解析結果をお客様にご提供できますよう心掛けております。