

Fig.5.10 Comparison between estimation values and experimental results in zig-zag manoeuvr (Ship A in full load condition)

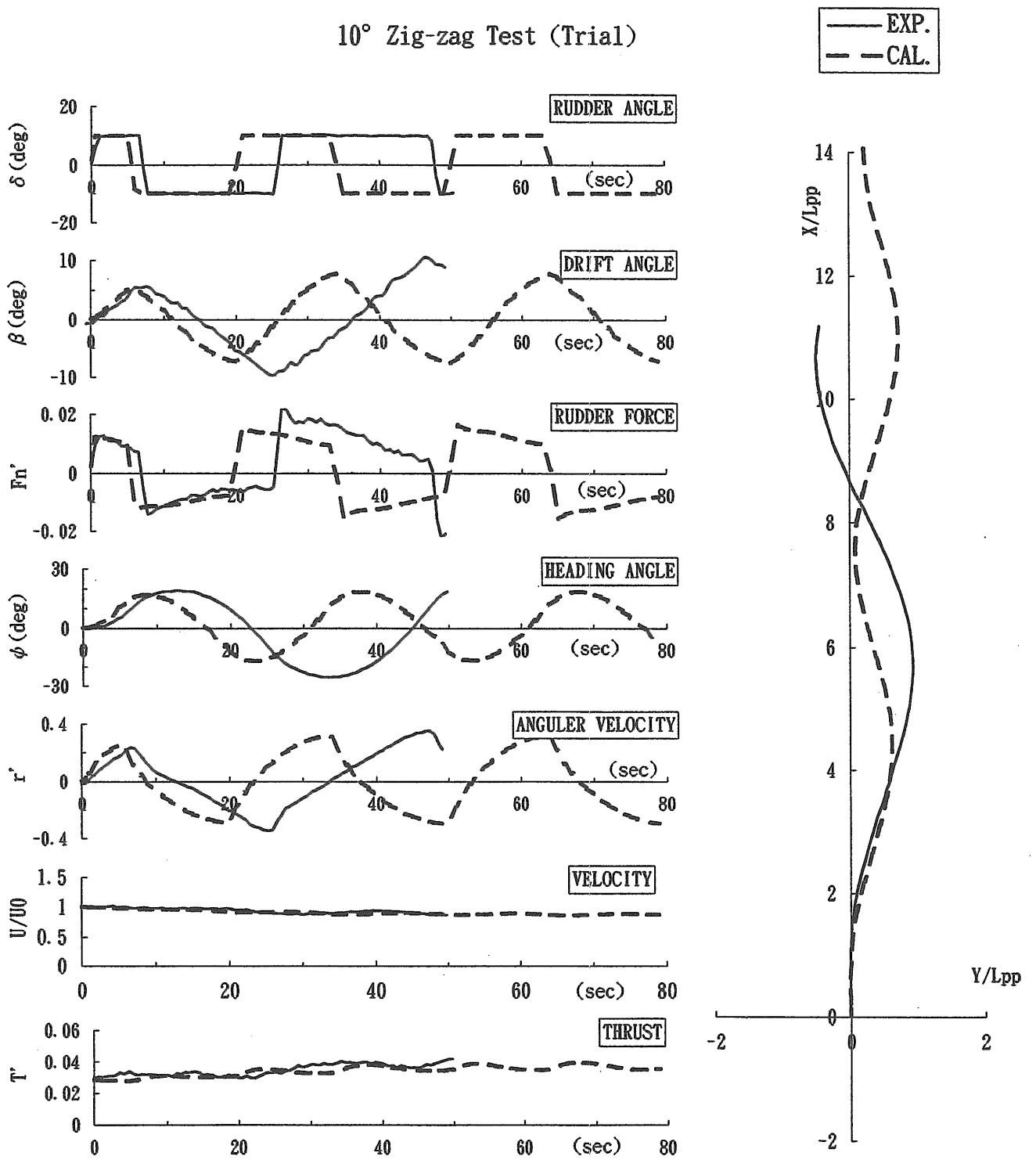


Fig.5.11 Comparison between estimation values and experimental results in zig-zag manoeuvre (Ship B in ballast condition)

10° Zig-zag Test (Full Load)

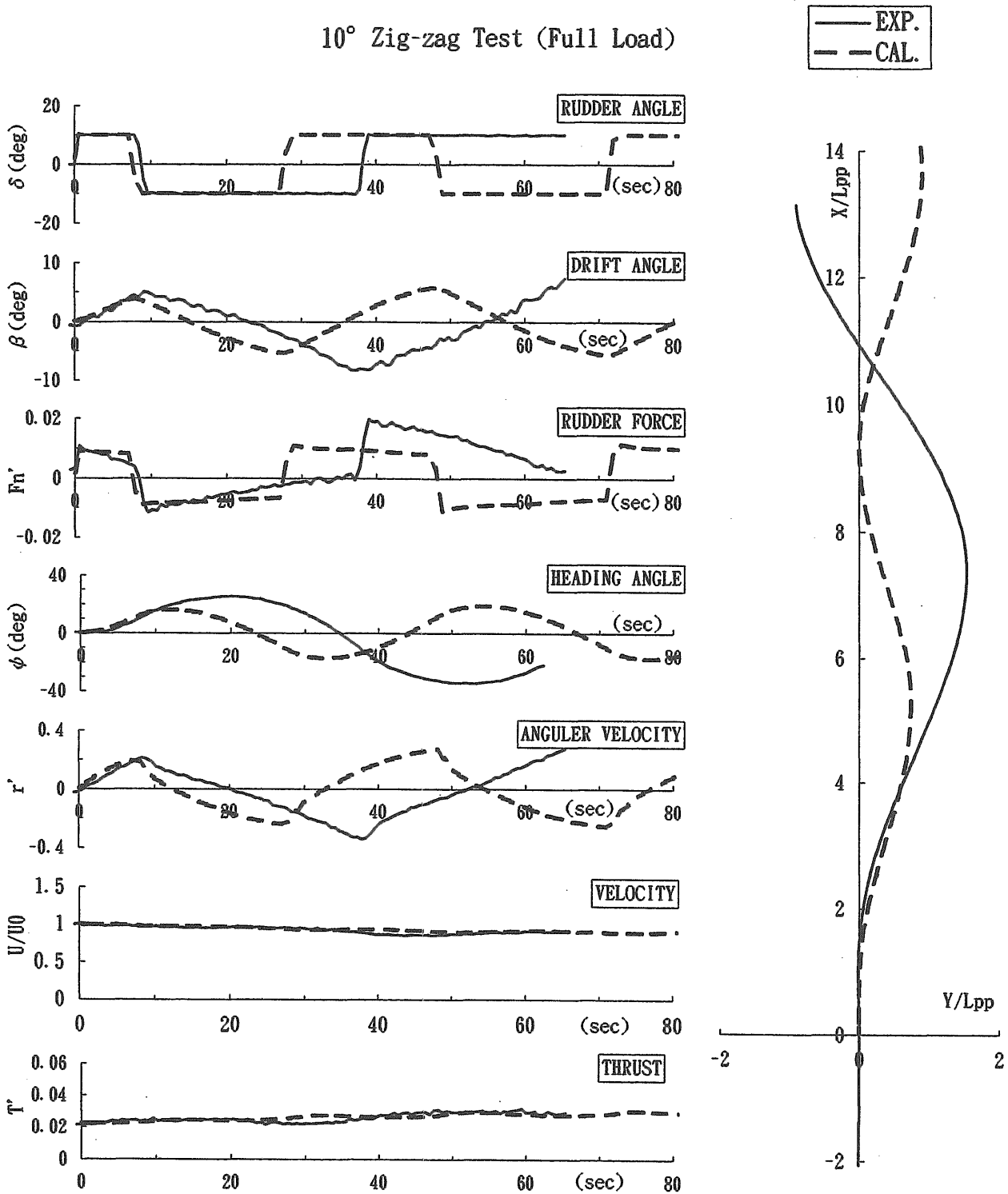


Fig.5.12 Comparison between estimation values and experimental results in zig-zag manoeuvre (Ship B in full load condition)

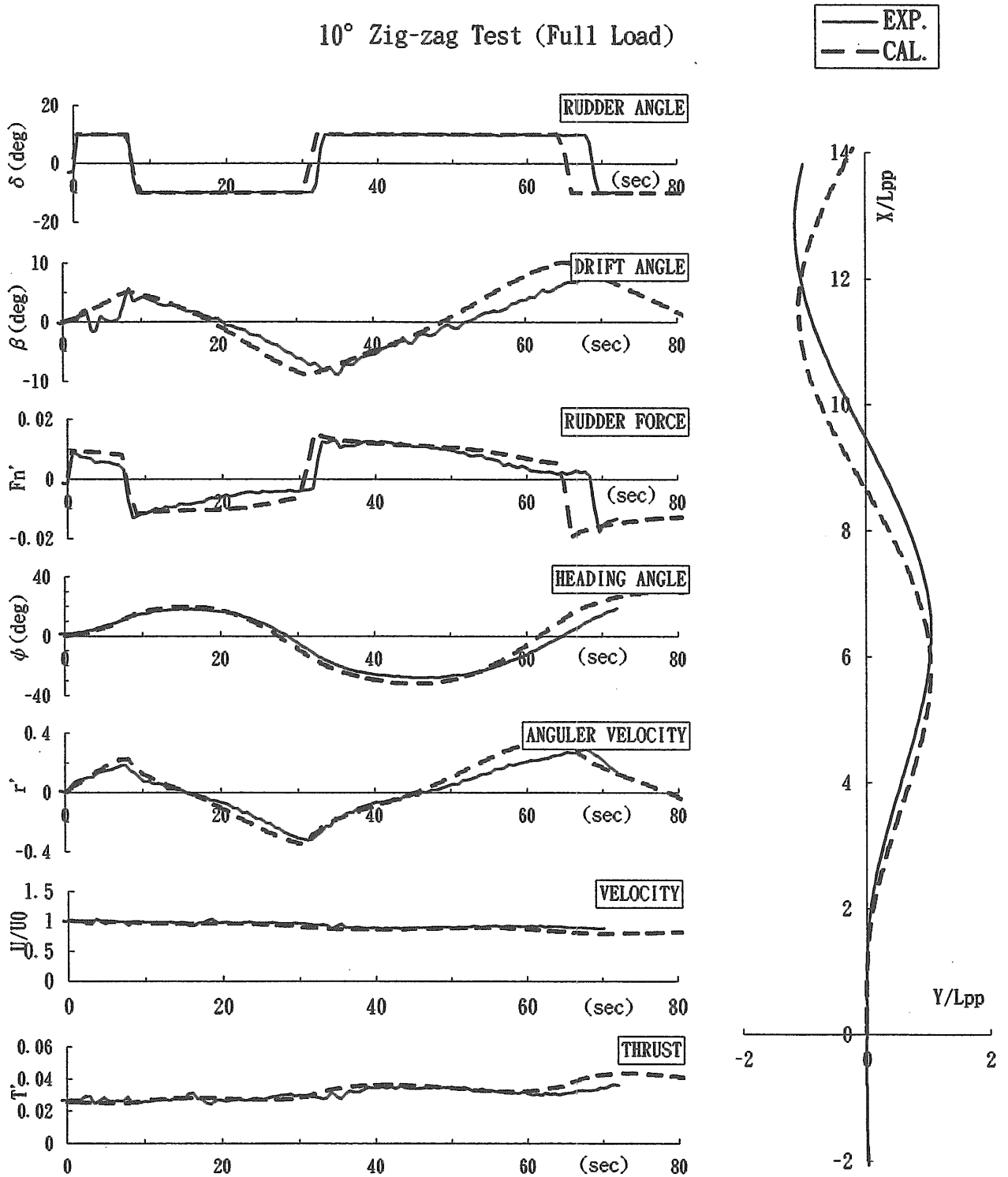


Fig.5.14 Comparison between estimation values and experimental results in zig-zag manoeuvre (Ship A in full load condition)

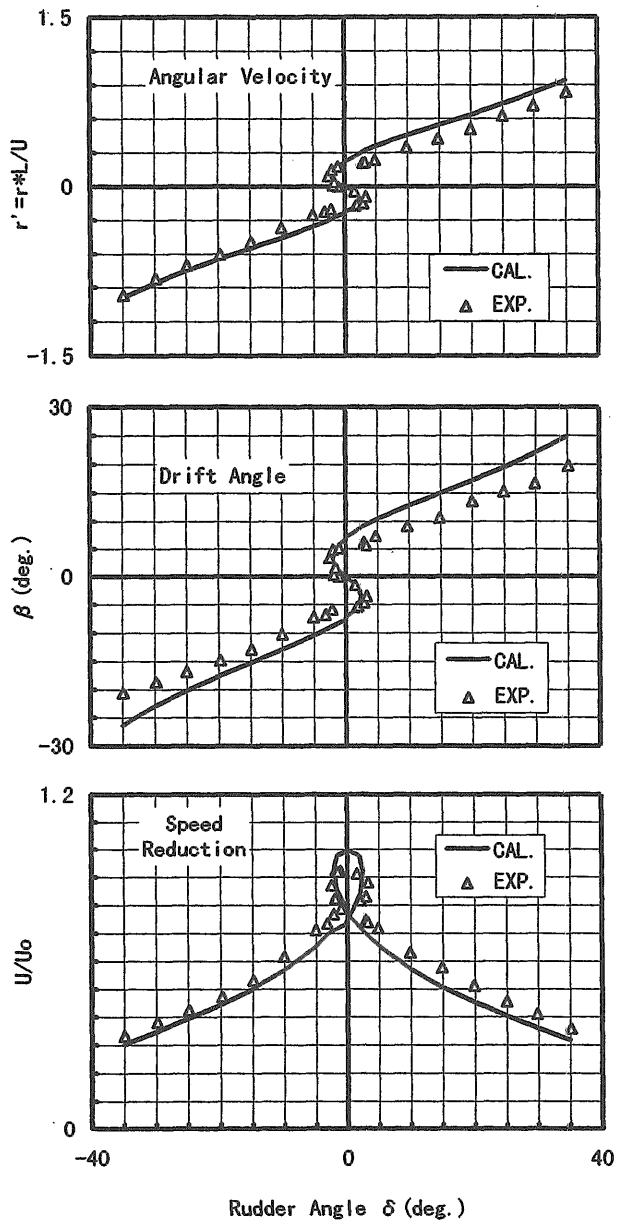


Fig.5.13 Comparison between estimation values and experimental results in turning performance (Ship A in full load condition)

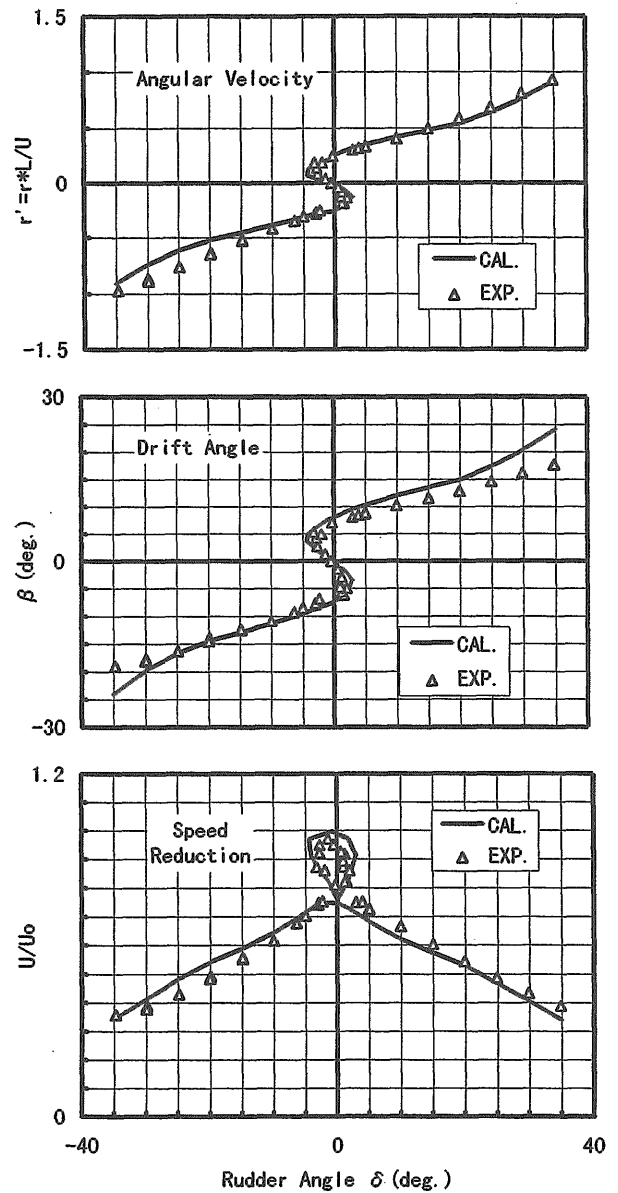


Fig.5.15 Comparison between estimation values and experimental results in turning performance (Ship B in full load condition)

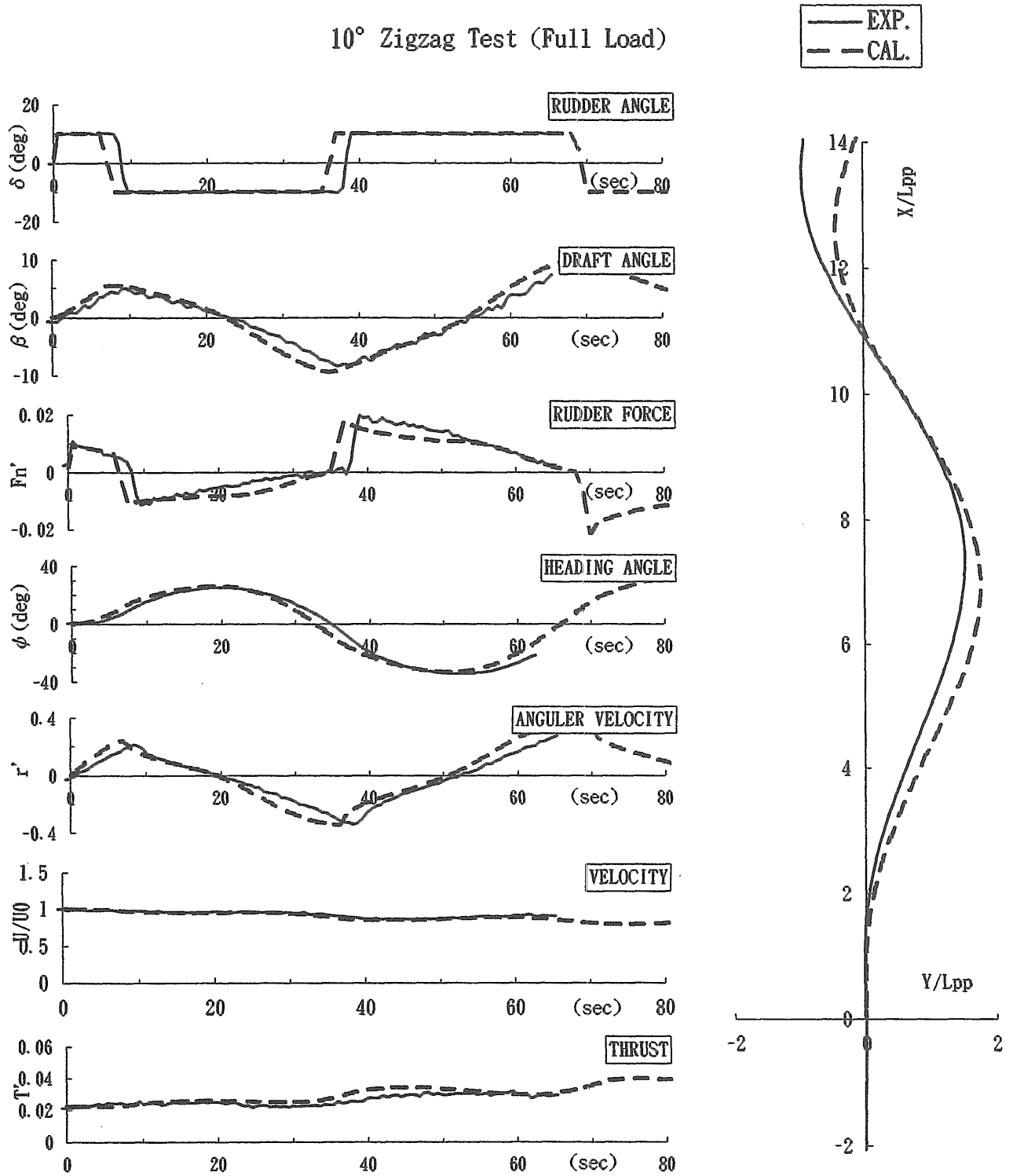


Fig.5.16 Comparison between estimation values and experimental results in zig-zag manoeuvre (Ship B in full load condition)

- (8)A、B両船について、Z操舵運動時の推定値と実験値の比較をバラスト、満載の両状態について行くと、必ずしも一致は良くない。
- (9)この小舵角での運動の推定精度を高めるため、造研のSR221研究部会で提案されている線形項に関する、船のフレームラインを考慮した操縦微係数の推定法を用いて計算した場合、小舵角の範囲ではかなり推定精度が改善される。

操縦性暫定基準において、バラスト状態から満載状態の操縦性能を推定することは重要な課題であるが、このためには満載状態での不安定ループ幅を含む小舵角での操縦性能の推定法について今後検討する必要がある。

参考文献

- [1] 平野雅祥他：V. 造船設計への操縦運動モデルの応用Ⅱ、第3回操縦性シンポジウムテキスト、P.101～P.136、日本造船学会、昭和56年12月
- [2] 第221研究部会：操縦運動時の船体周囲流場に関する研究報告書（第3年度）P.3～P.26、（社）日本造船研究協会、平成8年3月

6. 結言

6.1 研究成果

船舶の操縦性能評価に必要な操縦流体力の推定に関して、主船体に働く操縦流体力的を絞り、流場の把握及び流体力推定の技術開発と精度向上に役立てるための基礎的研究を行った。

斜航時流場の研究においては、船尾形状の異なる3隻のVLCC船型について、5孔ピトー管による計測を主体に船尾流場の計測を行い、斜航時流場の特徴、船尾形状と船尾流場及び流体力との関係を検討した。

斜航状態においては、船尾縦渦を主体とする渦グループと前部船体からの剥離渦による渦グループに代表される特徴的な流場が形成され、渦の集中度や分布位置に船尾形状の影響が明瞭に現れた。伴流分布も渦度分布と似たような傾向を示し、強い伴流域はおおよそ強い渦度域に対応することがわかった。

A.P.断面と船体より後方の断面での流場の比較において、船体の前後方向運動による攪乱流場成分は船体後方で急速に減衰するが、横方向運動による攪乱流場成分はあまり減衰せず流れてゆくことがわかった。

渦度分布より得られる循環については、同じ前部船体形状と異なる船尾形状を反映し、3隻の模型船の循環で、前部船体からの渦グループによる循環には殆ど差はなく、船尾渦グループによる循環に差が現れた。

斜航船体に働く横力と回頭モーメントについては、絶対

値そのもので見ると3船型間に大きな差は無いように見えるが、操縦性能を判断する有力な指標の一つである横力の前後方向中心位置に船尾形状の違いの影響が明瞭に現れた。

操縦流体力推定法（その1. 実用的推定法）の研究においては、船体主要目の影響に加えてフレームラインの影響を評価出来、計算時間も短く初期設計段階で容易に使える操縦流体力の推定法を開発した。

本推定法は、まず流れのモデルを仮定し、その仮定の下に流場を推定し、推定した流場から流体力を推定するという3段階からなる。

流れのモデルについては、斜航時流場の資料を参考に、剥離位置はビルジ部とし、剥離渦流を力を支えない自由に変形する自由渦層で近似するモデルを用いた。

この流れのモデルの仮定の下に、流場及び流体力を推定する式として、船体の細長比を微小パラメーターとする摂動展開において、非線形な現象を扱うのに最低限必要と考えられる2nd orderまで理論的精度の保証された式を用いている。

計算方法は、船首断面より船体後方に向かって、各断面において前方からの剥離渦を取り込みながら船体の近くで成り立つ内部解としての流場を求め、全断面での内部解をもとに外部解との接続により、全流体域で成り立つ合成解としての流場を求める。この流場の解を流体力の式に代入することにより操縦運動する船体に働く横力と回頭モーメントを求めている。

7隻の模型船の実験結果と推定計算値との比較により、利用の容易な小型EWSで短時間で計算でき精度も比較的良く、フレームラインの違いによる流体力の変化もとらえており、実用的な方法であることが確かめられた。

操縦流体力推定法（その2. 高精度推定法）の研究においては、船舶の抵抗・推進の分野で実用化の進みつつあるCFDの操縦運動への適用について検討を行い、有望な方法であることを確認した。

船舶技術研究所で開発された船体まわりの流れを推定する計算プログラムであるNICEコードを用いて、斜航時流場の研究で詳しい流場計測を行った船型について流場を計算し流体力を求め、CFD計算の適用性を検討した。

計算格子は船首尾線に適合した左右対称の格子とし、格子分布は流れの変化の急峻な部分が密になるよう不等間隔に配置し、斜航角が異なる場合も同一の計算格子とした。乱流モデルはBaldwin-Lomaxモデル1を使用した。

計算は直進・斜航を問わず縦渦を過小評価するが、流場及び流体力の斜航角に対する追従性や船型差を良く表している事が確かめられた。

V型船尾船は実験と計算の一致度が高いが、U型船尾船はやや一致度が悪かった。この原因は、強い渦の渦中心付近の格子の解像度が不足し、計算で十分渦を捉えることが出来なかったこと、及び、Baldwin-Lomax乱流モデルが2次元の薄い境界層の実験データをベースにしているため、

肥大船船尾の厚い境界層を正確に表現できず渦粘性成分を過小評価するためと考えられ、今後の検討の指針が得られた。

計算は、EWSを用いて1状態あたり1日程度であり、斜航状態についてはほぼ実用段階にあることがわかった。

載貨状態の操縦性能に与える影響の調査については、2隻の乾貨物船について、満載状態と喫水のみを変えたイーブンキールのバラスト状態で、操縦性能を調べる自由航走模型試験を行うとともに、代表的数学モデルによるシミュレーション計算を行った。

両船ともに、満載状態とバラスト状態で操縦性能に定性的に同じような差が出た。旋回性能については載貨状態による違いはあまりないが、載貨状態の影響は針路安定性に明瞭に現れ、バラスト状態の方が性能が良くなっているという結果が得られた。

シミュレーション計算については、旋回性能は大凡実験値に近い値が得られたものの、小舵角域での保針性能についての実験値と計算値との一致は悪く、不安定ループをうまく推定できていない。小舵角域での推定精度向上が特に重要と考えられる。

6.2 研究成果の活用と今後の課題

精度良い操縦性能推定技術の確立に向けて、船体まわりの流場の把握、操縦流体力の推定法の研究を進めるとともに、操縦性能に与える載貨状態の影響について簡単な調査を行った。

斜航時流場の研究においては、船尾形状の影響を含めて、斜航時の船尾流場の詳細な情報を得ることが出来、操縦流体力推定法の研究に役立てられたが、今後も流場及び流体力推定法の研究への活用が期待できる。

曳航水槽における5孔ピトー管による本研究のような詳しい流場計測は、多大の時間と人手を必要とする。そのため、本研究でも船尾断面での流場しか計測できなかった。今後もこの種の詳しい流場情報の必要性は高いと予想されるが、そのためには、計測技術の向上と実験の効率化が今後の課題となる。

操縦流体力の実用的推定法の研究においては、異なるフレームラインの操縦流体力に与える影響を相対的に評価でき、短時間で簡単に計算できる推定法を提示したが、本方法は旋回運動が強くなると推定精度が低下する場合がある。

これは、旋回運動が強い場合は、本推定法の基礎をなす細長体理論における横運動が小さいという仮定の範囲を越えていること、及び、本推定法で用いている流場モデルが実際の流れをうまく近似出来なくなっていることが考えられ、今後この方面の改良が必要である。

一方、本研究の終了を一つの区切りとし、現段階での推定法を誰でも容易に使えるよう、マニュアルの作成とプログラムの整理を行うことも今後の課題と考えている。

操縦流体力の高精度推定法の研究については、流場及び流体力の諸量について全体的には勿論局所的にも詳しく推定

でき、操縦性能推定のための有力な技術であることを確認できたが、今後検討すべき点も明確になった。

縦渦が強くなると推定精度が低下する傾向にあり、渦をより正確に表現できるよう、乱流モデルの検討及び高解像度格子の使用等による格子構造の検討が今後の課題である。加えて、多数の船型の多数の運動状態について実験値との比較を行い、この方法の信頼性・有効性の検討を進めることもまた今後の課題である。

載貨状態の操縦性能への影響の調査については、2隻の乾貨物船について、トリムをつけず喫水のみを変えた場合の操縦性能変化の資料を得た。今後この種の問題を扱う際の一資料として利用できるが、実際にはバラスト状態ではトリムがついている場合が多く、本実験結果はトリムの影響を含んでいないことに留意する必要がある。

船舶の操縦性能を数学モデルを用いて数値シミュレーションで評価するには、種々の流体力を推定する必要がある。本研究は、必要な流体力の中の主船体に働く流体力のみを対象としている。

今後は本研究を更に拡大発展させ、抵抗・推進関係の流体力推定には抵抗・推進関係分野での研究成果を利用し、操縦性能評価に必要な流体力を全て推定できる技術の開発を目標に研究を進める予定である。

7. 発表論文リスト

発表題目	発表者	発表年月	発表機関等
Estimation of Hydrodynamic Forces Acting on a Ship in Manoeuvring Motion	K.Nonaka	5-10	International Conference on Marine Simulation and Ship Manoeuvrability (MARSIM'93)
斜航船体についての伴流と流体力の測定	二村 正 原口富博 上野道雄 野中晃二 吉野良枝	5-11	第62回船研研究発表会
波漂流力と船体運動 (その2)	原口富博 二村 正 吉野良枝	5-11	第62回船研研究発表会
斜航船体の船尾流場計測	二村 正 原口富博 野中晃二 吉野良枝	6-12	第64回船研研究発表会
規則波中における曳船の旋回について	二村 正 原口富博 野中晃二 吉野良枝	6-12	第64回船研研究発表会
斜航する船体の船尾流場の計測	野中晃二 二村 正 原口富博 上野道雄	7-5	日本造船学会論文集第177号
斜航する船体の船尾流場計測	二村 正 野中晃二 原口富博 上野道雄	7-7	第23回可視化シンポジウム
操縦性能に及ぼす載貨状態の影響について	原口富博 二村 正 上野道雄 藤原敏文 野中晃二 吉野良枝	7-11	第66回船研研究発表会