(昭和50年11月日本造船学会秋季講演会において講演)

Z 試験の新しい解析法 (続 報)

正員 小 瀬 邦 治* 正員 芳 村 康 男**

A New Procedure of Analysing Zig-zag Test (continued report)

by Kuniji Kose, Member Yasuo Yoshimura, Member

Summary

In the previous report, the authors proposed a new procedure of analysing zig-zag test, by which it is possible to identify the parameters of the second-order mathematical model, i. e.

$$(L/V)^2 T_1' T_2' \ddot{\psi} + (L/V) (T_1' + T_2') \dot{\psi} + \dot{\psi} + (L/V)^2 \alpha' \dot{\psi}^3 = (V/L) K' \delta + K' T_3' \dot{\delta}$$

In the present report, a new method is proposed, to predict the various manoeuvring test results from the parameters of only one zig-zag test; the results of the spiral test, reverse spiral test, modified zig-zag test, yaw-rate zig-zag test, course change test and so on can be obtained by numerical calculations.

Next, we make also some considerations about the speed drop effect on the results of the zig-zag test, and propose a method to analyse the zig-zag test, taking account of it.

Lastly, we make mention of the wind effect on manoeuvring tests.

1 緒 論

船の操縦性能を調査するために実施される種々の操縦性試験のうち、Z試験は最も広汎に普及しているものの1つである。この試験の解析においては、試験中の舵角と船の運動に適当な応答方程式(数学モデル)をあてはめ、両者の関係を最も良く説明するような数学モデルの特性常数を決定する方法がとられる。

この数学モデルに何を使用するかによって、解析の結果として得られる情報は大幅に左右される。野本による1次系近似モデルの採用は、旋回性、追従性、針路安定性という操縦性の基本要素を単純明解にうる上で適切である。しかし、同じ船であっても、運動の強弱や基本周波数の変化によって、得られる特性常数の値は大幅に変化することが知られている。

ここで、Z試験解析の目標を、任意の操舵に対する船の運動を可能な限り正確に表現しうるような数学モデルを決定することだと考える。この場合には1次系近似モデルでは不十分であり、より複雑な数学モデルの導入が不可欠である。しかし、導入可能なモデルの複雑さは、Z試験記録に含まれる情報の精度や解析技術によって制限されなければならない。

今日の実船操縦性試験は、相当に大きな外乱が存在する条件下で実施されている。試験中、舵角、回頭角、回頭角速度については一応の精度で計測できるが、船速の正確な計測は難しいのが一般的である。横流れ運動の計測はほとんど困難である。このような条件下で、2次非線型の数学モデルは、任意の操舵に対する船の運動を比較的良好に近似することが知られており、Z試験解析にこのモデルを使用したZ試験解析法として、最近、各種の方法が提案されている。筆者らも前報²⁾において、数値フィルタとアナログ型操縦運動解析装置を使用した解析法を提案し、実用上十分な精度で数学モデルの特性常数を同定できることを示した。

本報においては、まず、この解析法によって同定された数学モデルが任意の操舵に対する船の運動を十分な精度で表現することに着目し、1つのZ試験の解析から各種の操縦性試験成績を推定することを試みる。続いて、本解析法の精度を決める多少の問題点を検討する。その1つは船速の問題で、Z試験中の船速変動を平均船速の

* 広島大学工学部

** 大阪大学大学院工学研究科(研究当時 広島大学大学院工学研究科)

採用という形でしか考慮していないことが同定結果に及ぼす影響について考察し、船速変動を考慮した解析法を提案する。最後に、操縦性試験成績に大きな影響を与える風圧力の問題について若干の考察を試みる。

2 Z試験解析による各種操縦性試験成績の推定

前報で報告したZ試験解析法は2つの部分からなる。その1つはZ試験中の運動の記録に数値フィルタを適用し、外乱の除去と数値微分を行い、回頭角速度-回頭角加速度の位相面軌跡をうる手法である。さらに1つの部分は、一種のZ試験シミュレータであるアナログ型操縦運動解析装置を用いて、次式で与えられる数学モデルの特性常数 $T_1', T_2', T_3', K', \alpha', \delta_r$ を試行錯誤的に決定する方法である。

$$(L/V)^2 T_1' T_2' \ddot{\psi} + (L/V) (T_1' + T_2') \dot{\psi} + \psi + (L/V)^2 \alpha' \dot{\psi}^3 = (V/L) K' (\delta_m + \delta_r) + K' T_3' \dot{\delta}_m \quad (2.1)$$

ただし、 δ_m : 計測舵角、 δ_r : 舵角中心補正項

このモデルは常用舵角の範囲で、任意の操舵に対する船の運動をよく近似するから、Z試験解析によって得た特性常数を利用して、他の操縦性試験結果を推定することが期待される。この推定が可能であれば、本同定法の有効性の証左となりうるし、種々の応用が期待できることになる。

2.1 Z試験解析による特性常数の決定

筆者らがZ試験を本方法によって解析した実船例は約10隻である。この一部は前報で報告しているが、その後解析した船に対しても本解析法は十分な結果を得ている。ここでは、種々の操縦性試験が多例、実施されている船を中心に報告する。

Table 1 は供試船の要目を与える。これらの供試船のZ試験結果に数値フィルタを適用し、位相面軌跡の形で表現したものを Fig. 1 に示す。数値フィルタは前報で示したものを使用し、フィルタの遮断周波数 (f_c) は外乱の大きさや周波数域によって多少異なるが、次式で比較的良好な結果をうる。

$$f_c = 2.5 V_m / L \text{ (Hz)} \quad V_m : \text{平均船速}$$

この位相面軌跡から、アナログ型操縦運動解析装置により同定した特性常数を Table 2 に示す。この特性常数による位相面軌跡を Fig. 1 の1点鎖線で示すが、観測軌跡とよい一致が得られていることがわかる。なお、当然のことではあるが、両者は時間軌跡の形でよく一致している。

2.2 周波数応答法による解析結果との比較

船の性能の線型性が保たれる範囲で、自航操縦性試験結果を周波数応答解析し、特性常数を決めることができる。供試船Aは、後に示すスパイラル試験成績からも理解できるようにほとんど線型と考えてよい性能を示す。そこで、この船の平行移動操舵試験成績を周波数応答の考えで解析した。周波数応答関数は舵角と回頭角速度のフーリエ変換の比として得られる。

$$Y_s(j\omega) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} r(t) e^{-j\omega t} dt}{\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) e^{-j\omega t} dt} = |Y_s(j\omega)| e^{j\phi_s(\omega)} \quad (2.2)$$

平行移動操舵の場合、 ω が小さくなると、分子、分母のフーリエ変換はいずれも零に近づき、式(2.2)は不定形となる⁹⁾が、ある程度以上の ω に対してはこの形で十分によい結果を得る。供試船Aの周波数応答特性を Fig. 2 に示す。図中、太い1点鎖線は、アナログ型操縦運動解析装置で同定した特性常数による応答特性を示す。高周波域では試験時に加わる外乱によって比較が難しくなるが、広い周波数範囲において両者はよい一致を示している。

2.3 各種操縦性試験成績の推定

今日、広く利用されている常用舵角を用いた操縦性試験として、Z試験、変型Z試験、回頭角速度Z試験、逆スパイラル試験、スパイラル試験、新針路試験がある。本同定法によって得られた特性常数から、これら諸試験の成績を推定した例を示す。

(a) スパイラル、逆スパイラル試験成績の推定

定常旋回中、 $\ddot{\psi} = \dot{\psi} = \dot{\delta}_m = 0$ であるから、2次非線型の数学モデルは次式の形で定常旋回特性を与える。

$$\psi + (L/V)^2 \alpha' \dot{\psi}^3 = (V/L) K' (\delta_m + \delta_r) \quad (2.3)$$

無次元化した形に書き改めると

$$r' + \alpha' r'^3 = K'(\delta_m + \delta_r) \quad (2.4)$$

本同定法によって得られた α', K', δ_r を用いると、スパイラル特性を推定することができる。このうち、舵角中心補正項 (δ_r) については、後述するように、船速低下の影響が強く現われることを考慮して、本同定法の結果を利用しないで常に零として扱うことにした。

このようにして得られる定常旋回特性を Fig. 3 に示す。種々の外乱が存在する条件下で得られたスパイラル、逆スパイラル試験成績は相当のパラッキがあるが、推定特性は実際の試験成績の特徴を十分に表現している。

(b) 各種 Z 試験成績の推定

従来から、Z 試験成績は 1 次系近似の考えで解析され、旋回力の指数 K と追従性、針路安定性の指数 T の形で整理されている例が多い。新しい解析法による結果と従来のそれとの対応を考えておくことは、従来の実績データを生かす上でも重要である。

また、Z 試験から得られる K, T 指数は平均の運動強さとの関係で整理され、 $5^\circ Z, 10^\circ Z, \dots, 20^\circ Z$ におけるその変化の仕方から、針路安定性を評価することができる¹⁾。しかし、総ての Z 試験を実施するのは容易でないから、適当な 1 つの Z 試験から他の結果を推定できれば好都合である。

2 次非線型の数学モデルを 1 次線型のモデルに置きかえるための実際的な方法として、2 次非線型モデルによって Z 試験のシミュレーションを行い、その結果を KT 解析することにする。この方法で各種 Z 試験の K, T を推定した例を、実際の試験成績とともに Fig. 4 に示す。

この結果によると、推定値は実際と十分に一致していると言えよう。多少の差のみられる供試船 A について、この差の原因を検討してみた。この例の場合、差の主因は実際の Z 試験時に生ずる操作誤差である。デジタルシミュレーションの場合には理想的な操舵をしているのに対して、実際の試験においては操舵のタイミングの遅れや舵角が予定と違うといった操作誤差があり、この誤差を考慮してデジタルシミュレーションを行うと、推定値と実船の解析値はほとんど一致する。したがって、本例の場合には推定値の方が正しい特性を示していると言ってよい。

一般には、2 次非線型の数学モデルが必ずしも十分に船の運動を近似するとは限らないから、推定は完全とは言えない。しかし、試験時の操作誤差の影響の大きさや後述する風圧力の影響等を考慮すると、Z 試験の実際の精度の範囲で、十分な推定が可能であると言えよう。

(c) 新針路試験成績の推定

新針路試験は、船の変針性能を操船者に知らせる上で適切であり、しばしば実施される。新針路試験の結果は、操船資料として使いやすいうように、変針角と転舵時の回頭角との関係、変針角と新針路距離との関係を与える図表にまとめられる。新針路試験成績をこの形で推定してみたのが Fig. 5 である。十分に良い推定を与えていることがわかる。

3 同定に及ぼす船速変動の影響

実際の船の Z 試験においては、船速は時々刻々と変動している。この船速変動が十分な精度で計測できれば、時々刻々の船速で無次元化した位相面軌跡を作り、解析すればよい。しかし、今日の実船試験において、旋回中の船速の正確な計測は一般的でない。そこで、本同定法では、さし当り平均船速を利用して解析している。ここで、船速変動が同定に及ぼす影響について考察し、さらに簡単に船速変動を考慮した解析法について述べる。

3.1 船速変動が同定に及ぼす影響

船速変動の影響を調べるために、拘束模型試験によって総ての流力微係数が求められている模型船を使用することにする。模型船として、Series 60 ($C_b=0.6$)⁴⁾ および B. S. R. A. 0.85 C_b , M. S. F.⁵⁾ を選ぶ。前者は針路安定であり、後者は不安定ループの全幅が 6° である。運動方程式はよく知られるように次式で与える。

$$\left. \begin{aligned} m(\dot{u} - vr) &= X \\ m(\dot{v} + ur) &= Y \\ I_{zz}\dot{r} &= N \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

ここで、拘束試験結果を利用して定める X, Y, N を代入して、(3.1) を書き改めると

$$\begin{aligned} \dot{u} &= \frac{T(1-t)}{m+m_x} + A_2 u^2 + A_3 vr + A_4 u^2 \delta^2 & (\text{ただし } \frac{T(1-t)}{m+m_x} &= -A_2 u_0^2) \\ \dot{v} &= B_1 u^2 + B_2 uv + B_3 ur + B_4 v^2 + B_5 vr + B_6 r^2 + B_7 v^3/u + B_8 v^2 r/u + B_9 vr^2/u + B_{10} r^3/u + B_{11} u^2 \delta \end{aligned}$$

$$\dot{r} = C_1 u^2 + C_2 uv + C_3 ur + C_4 v^2 + C_5 vr + C_6 r^2 + C_7 v^3/u + C_8 v^2 r/u + C_9 vr^2/u + C_{10} r^3/u + C_{11} u^2 \delta \quad (3.2)$$

この数学モデルを用いてZ試験のシミュレーションを行い、得られた船の回頭運動を時々刻々の船速および平均船速で無次元化し、位相面軌跡の形で表現したのが Fig. 6 である。両軌跡は、船速低下の少ない初期には差があるが、時間の経過にしたがって一致してくる。しかし、平均船速を使用した軌跡の場合、左舵、右舵時の船速の差が舵角中心補正項 δ_r に大きな影響を与える。また、針路不安定船の場合、実際よりやや不安定側の同定結果を与える傾向がある。これらは船速変動と回頭運動の位相関係から説明できる。

以上の結果は実船試験解析の経験と一致している。通常舵角によるZ試験の場合、速力変動を平均船速の形で考慮してやれば特に不都合は生じないと言えよう。ただし、同定された δ_r の信頼性には問題がある。

3.2 船速変動を考慮した解析法

時々刻々の船速を計測することは一般的でないとしても、船速変動を何らかの形で考慮することができれば有益である。前節で述べたように、船速変動は本同定法に対して比較的影響が少ないから、完璧な精度で船速を推定する必要はなく、大雑把な推定でも大略、船速変動の影響を除くことが期待できる。

このための実際的な方法として、模型船や実船の実績を参考にして、船速変動を与える数学モデルを作り、操縦運動方程式(2.1)と連成させることが考えられる。前進方向の運動方程式を次式で与える。

$$(m+m_x)\dot{u} = (m+m_y)vr + T(1-t) - R_H - R_\delta \quad (3.3)$$

ただし T : スラスト, R_H : 船体抵抗, R_δ : 操舵による抵抗

この運動方程式が決まれば、速力の推定ができることになるが、簡単のため、各項を次のように取り扱う。

(a) 船体抵抗は Taylor あるいは Todd 等の図表を用いて推定する。 u_0 を速力整定時の船速として、

$$R_H = R_H(u_0) + R_u(u - u_0)$$

ここで、 $R_H(u_0)$ は $T(1-t)$ に等しいとする。

(b) 操舵による抵抗増加は、舵に働く直圧力の抵抗成分と考え、直圧力は藤井の式⁶⁾で近似する。

(c) 横流れ運動の計測は行われていないから、 v は旋回運動との関連で推定する。一般の排水型船舶のZ試験中には、 r と v はほとんど同位相の変化をするから、第1近似として $v' = -Cr'$ と置く。

$$(m+m_y)vr = -(m+m_y)CLr^2$$

式(3.2)によるZ試験シミュレーションによると、 C は約 0.45 であり、一般の経験と一致するのでこの値を使用することにする。

(d) 付加質量については、最近の強制動揺試験例や元良の図表を参考にして推定する。

以上の結果を総合すると、速力変動の数学モデルとして次式を得る。

$$(m+m_x)\dot{u} + R_u(u - u_0) = -(m+m_y)CLr^2 - R_{\delta\delta}u^2\delta^2 \quad (3.4)$$

解析においては、Z試験中の時々刻々の r および δ を与えると、式(3.4)にしたがって前進速力を推定できる。船の速力は横流れを考慮して、次式で与えられる。

$$V = \sqrt{u^2 + (CLr)^2} \quad (3.5)$$

こうして推定した時々刻々の船速を使用して、回頭角速度、角加速度を無次元化し、無次元の位相面軌跡をつくる。解析装置で、この軌跡から特性常数を推定できる。なお、この解析装置に設定する操舵機特性は、 (L/V) で無次元化したものを使用するが、この場合の船速は近似的に平均船速を用いる。

この方法を2軸1舵のコンテナ船に適用し、無次元位相面軌跡を求めた例を Fig. 7 に示す。20°Z においては相当に大きな船速低下があるにもかかわらず、位相面軌跡がよくまとまっている。

なお、諸試験成績の推定等、船の運動の推定に際しては、回頭運動と速力変動の数学モデルを連成して解けばよい。この考えは著しい船速低下のない範囲の船の運動に適用できる。船速変動が著しくなると、式(3.4)に船速低下によるスラスト変動を考慮する必要がある他、式(2.1)の特性常数もプロベラスリップ比の影響等を見積る必要が生じよう。

4 操縦性試験に及ぼす風の影響

海上における実船試験の精度を支配するものに、風や波浪による外乱がある。波浪による外乱は比較的に高周波の場合が多く、操舵による船の運動との連成が少ないことから、数値フィルタ処理によって除去可能である。しかし、風による外力は操縦運動に大きな影響を持つことが多くの研究によって明らかにされている。

ここでは、Z 試験、スパイラル試験という代表的な操縦性試験に限って、風圧力が試験成績に及ぼす影響について考察する。供試船としては、前述の Series 60 および B. S. R. A. 0.85 C_b , M. S. F. の流力微係数を用いることにし、風圧力については、辻等⁷⁾の実験値を用いる。想定船舶はタンカーと風圧の影響が大きいと予想されるカーキャリアとし、それぞれを B. S. R. A. 0.85 C_b , M. S. F. および Series 60 に適用する。

(a) Z 試験に対する風の影響

計算条件として、絶対風速が船速の 2 倍という様な風を想定する。風圧力の影響は、風向によって大幅に変化するから、試験開始時の風向をいくつかを選んで計算した Z 試験の位相面軌跡の例を Fig. 8 に示す。図中、 ϕ_A , ϕ_0 は試験開始時の風および船の方位を示し、破線は風のない場合、実線は船速の 2 倍の風速の場合の軌跡を示す。当然のことながら、船首尾方向から風を受ける場合には比較的影響が小さいが、横風を受ける場合にはその影響が大きいことがわかる。

同図中、1 点鎖線は解析装置による演算軌跡であり、同定した特性常数を Table 3 に示す。風圧力の影響は相当に大きい、特性常数によって、風圧力影響の受け方に差がある。特に、舵中心補正項 δ_r への影響は著しいといえる。風圧力の影響は相対風速と船速の比の 2 乗の形で強まるから、風の強い場合や船速の小さい場合の Z 試験結果は精度が著しく低下する。このような場合、Z 試験開始時の針路を真正面あるいは背後から風を受けるように選ぶことは有益である。

(b) スパイラル、逆スパイラル試験に対する風の影響

Z 試験の場合と同様に、逆スパイラル試験にも風の影響は大きい。定常旋回中、 $\dot{r}=\dot{\psi}=0$ であるから、この条件下で旋回と横流れの連成方程式を解けば定常旋回特性を得る。同様に、風圧力の項を加えた旋回と横流れの連成方程式を解くと、風の下での定常旋回特性を得る。風のある場合とない場合における、同一旋回角速度を得るための舵角の差を相対風向、風速との関係で示したものが Fig. 9 である。

B. S. R. A. 0.85 C_b , M. S. F. モデルを使用したタンカー船型において、風圧力による舵角のずれは横風の場合には相当に大きくなる。上部構造物の大きなカーキャリアの場合には一層、顕著である。実船試験の場合、相当に強い風の下でも実施されることが多いが、風圧力に十分な注意を払うことが必要であると言えよう。風の強い場合、左右の旋回を交互にくり返して、風圧力の少ない正面あるいは背後から風を受けるような配慮が望まれる。

5 結 論

前報で示した Z 試験の新しい解析法を実船試験解析に適用するとともに、船速変動や風圧力が操縦性能の同定に及ぼす影響について考察した結果、次の結論を得た。

(1) 前報で示した Z 試験解析法で、2 次非線型の数学モデルの特性常数を実用上十分な精度で同定することができる。この解析結果を用いて、各種の操縦性試験成績を推定することが可能である。

(2) 平均船速を用いて Z 試験を解析する場合、船速変動は舵角中心補正項に影響するが、その他の特性常数の同定に及ぼす影響は比較的小さい。船速変動を簡単な数学モデルによって推定し、無次元化した位相面軌跡を得る方法は、同定法の精度向上に有効である。

(3) 風圧力は操縦性試験に大きな影響を与える。この影響は横風の場合に著しい。風圧力の影響を軽減するには、できる限り風上あるいは風下方向に針路を保って試験を行うことが望ましい。

本研究の過程で、大阪大学、野本謙作教授には有益なご助言をいただいた。また、広島大学、仲渡道夫教授からは種々のご援助をいただいた。この研究に使用した実船データの入手には、佐々木茂人教授をはじめとする海上保安大学校の各位、また、来島どっく、川崎重工工業等造船所の各位のご協力をいただいた。各位に厚くお礼申し上げる。なお、広島大学 49 年卒、北川公一君、50 年卒、中上 敢君、中北和彦君の本研究に対する真摯な努力を想起し、謝意を表する。

本研究の計算には広島大学計算センタの TOSBAC-3400 を使用した。

参 考 文 献

- 1) 小瀬, 金, 小林: 回頭角速度 Z 試験法とその実船および自航模型船への適用, 関西造船協会誌, 第 149 号 (1973).

- 2) 野本, 小瀬, 芳村: Z試験の新しい解析法, 日本造船学会論文集, 第134号 (1973).
- 3) 野本, 鳥野: 新しい操縦性試験法, 日本造船学会論文集, 第126号 (1969).
- 4) H. Eda, C.L. Crane: Steering Characteristics of Ships in Calm Water and Waves, S.N.A.M.E., Vol.73 (1965).
- 5) D. Clarke: An Investigation into the Course Stability of the B.S.R.A. 0.85 Block Coefficient Methodical Series Form, I.S.P., Vol.17 (1970).
- 6) 藤井, 津田: 自航模型による舵特性の研究 (1), (2), (3), 日本造船学会論文集, 第107号, 110号, 111号 (1960~1962).
- 7) 辻, 高石, 菅, 佐藤: 船体に働く風圧力に関する模型試験, 船舶技術研究所報告, 7巻5号 (1970).

Fig.1 Examples of Phase Plane Trajectories of Z Test

Fig.2 Frequency Response Function Identified by the Analyser and Harmonic Analysis

Fig.3 Estimated and Observed Steady Turning Characteristics

Fig. 4 Estimated and Observed Results of K-T Analysis for Various Z Test

Fig. 5 Estimated and Observed Results of Course Change Test

Fig. 6 Speed Drop Effect on Dimensionless Phase Plane Trajectories

Fig. 7 Examples of Dimensionless Phase Plane Trajectories by Estimated Speed of Ship

Fig. 8 Examples of Wind Effects on Z Test

Fig. 9 Wind Effects on Steady Turning Characteristics

Table 1 Particulars of Ships

Ship	L ^m	B ^m	d ^m	Δ ton	C _b	L/B	A _w /Ld _m
A Training Ship	64.2	10.2	3.64	1,239	0.504	6.23	1/37.3
F V.L.C.C.	313.0	52.0	20.4	285,400	0.841	5.01	1/60.4
G Container Ship	248.3	32.2	11.0	52,080	0.575	7.70	1/47.6
H Car Ferry	170.0	24.0	5.88	12,038	0.488	7.08	1/40.7

Table 2 Steering Quality Parameters Obtained by Analogue Zig-zag Test Analyser

Ship	L/V ^s	K'	α'	T ₁ '	T ₂ '	T ₃ '	T _E '	δ _{max} '
A	9.9	1.12	0.	1.46	0.258	0.640	1.2	3.8
F	51.8	-5.44	-0.00882	-12.6	0.291	0.831	2.72	2.49
G	28.8	-2.99	-0.0115	-8.65	0.311	1.40	2.0	2.7
H	14.2	2.89	0.00333	3.31	0.382	0.310	1.26	2.77

Table 3 Obtained Steering Quality Parameters for Various Wind Directions

Model	Series 60					B.S.R.A. 0.85 C _b M.S.F.				
	0	2	60	120	180	0	2	60	120	180
U _A /V ₀	—	0	60	120	180	—	0	60	120	180
φ _A -φ _B	—	0	60	120	180	—	0	60	120	180
K'	0.851	0.919	0.801	0.806	0.803	-1.22	-1.32	-1.41	-1.17	-1.09
α' × 10 ²	0.29	0.374	0.595	0.386	0.073	-0.839	-0.91	-1.03	-0.96	-0.86
T ₁ '	1.80	1.82	1.65	1.92	2.17	-4.37	-4.05	-4.39	-4.48	-4.42
T ₂ '	0.261	0.243	0.256	0.289	0.285	0.216	0.196	0.207	0.236	0.276
T ₃ '	0.615	0.513	0.544	0.744	0.810	0.584	0.424	0.440	0.590	0.752
δ _r '	—	0.	5.	5.	0.	—	0.	2.	3.	1.