

(続) 定置網に働く流水抵抗に関する研究

金 森 政 治

Further Report on the Physical Analysis of the
Fixed-Fishing-Net Resistance

Masaji KANAMORI

Abstract

(1) An electric strain meter, with a newly devised highly sensitive water-proof strain gage, was used in the water in the measurement of the force to the sand-bag rope of a model fixed-net.

(2) The following equation is obtained experimentally:

$$S = S_0 e^{-kV}$$

where, S is the area of the net projected on a plane perpendicular to the current, S_0 is that area when the current velocity is zero, and V is the current velocity.

(3) Using S and $1/2\rho V^2$, the coefficient C_P for various types of nets has been obtained by applying the dimensional analysis to the horizontal component of the force P to the sand-bag rope.

(4) It has been found out that when the sinker is detached from the bottom there is a hydrodynamical force acting upwards, and the net shows a wing-like character. It is postulated that, even when the sinker is not detached from the bottom, the above stated wing-like character appears to the part inclined toward the direction of the current.

概 要

(1) 定置網の水中における抵抗を推定するために、実物網及び土俵網の縮尺模型を作つて、土俵網の水底となす角度をも等しくしておいて、土俵網にかかる力を測定し、それを解析して、網に働く流水抵抗を求めた。力の測定には、始めは天秤を使つたが、後には、電気抵抗歪計を使用し、張力計を土俵網の土俵の位置に取付けた。このために、水中で使用できる防水した高感度の張力計を新しく考案した。

(2) 流れに直角方向への定置網の射影面積を S 、そのときの流速を V cm/sec、流速が零のときの面積を S_0 とすると、

$$S = S_0 e^{-kV}$$

なる関係があることを見出した。 k の値は、網の種類及び流れの方向により異り、流れが 20 cm/sec までの範囲では、0.012~0.057 sec/cm の範囲にある。

(3) 変形した状態での射影面積 S と、 $1/2\rho V^2$ を用いて、土俵網に働く力の水平分力 P を無次元化した係数 C_P について調べると、

(3a) 平面網では、流速 10~15 cm/sec 附近で、 C_P は極小になり、その極小値は $4\sim 7\times 10^{-4}$ で、土俵網の長いほど C_P の値は小さい。

(3b) 真四角な箱網では、 C_P は流速と共に増加する傾向があるが、平面網の場合よりも一定値に近く、 $3\sim 9\times 10^{-4}$ の範囲におさまる。

(3c) 複雑な形の実際網では、網の種類、流れの方向及び流速によつて、 C_P の値は実験値 47 例中、極端な値を除けば、 $1.0\times 10^{-4}\sim 21.0\times 10^{-4}$ の範囲にある。

(3d) 真四角な箱網及び複雑な形の実際網の C_P が、平面網の C_P より小さい場合のあることは、沈子が水底に着いているときには、流体力学的抗力のうち、沈子に働く部分が割合に多くなるためであるとして理解される。

(4) 沈子が水底から浮き上っている時には、網に流体力学的な力が上向きにも働き、翼に似た性質を持つことを始めて見出した。この時の網の流体力学的な揚力と抗力との比は、0.12~0.22 で、土俵網が長いほど小さく、又流れがおそい程大きい値を持つ。沈子が水底から浮き上っていない時でも、流れに対して傾いている部分は翼のような性質を持つしていると推定される。

緒 言

(1) この論文の原論文*は、漁撈の立場から、漁網に働く力の解析を行い、更に従来のこの種の研究の立場を一步進めて、流体力学的な考察を多分に加味したものである。本論文では、流体力学者と共通な表現様式を採用して結論を述べ、併せて原論文の表現の不足、或は不適切であつたところを、追加訂正することを目的とした。

(2) 従来は、漁網に働く力を知るために、(I) 網地を四角な枠に張つて、流れによる網の変形を最小限にして、網の面に直角に働く力を測定し、或は(II) 漁網(模型網)の土俵網を水平となるように張つて、その状態で土俵網に働く力を測定して、漁網に働く流水抵抗を計算していた。然しこれでは、いずれの場合も網の変形が実際の状態と異り、相似性が成立しない。それ故に原論文は、漁網自身を相似に保つたのみならず、土俵網の長さを変化させることによつて、土俵網の方向についての幾何学的相似性をも考慮した。

(3) 原論文を読み易くするために、次の説明を追加する。尚誤植の訂正を本論文の末尾に掲げた。以下原論文と本論文の表及び図などを区別するために、前者の関係のものは総て **Gothic** で記した。

1) **Table II, III** の最初の欄、Name and characteristics of Net の欄中の総ての Sum Total of Buoyancy の B は B^* とする。従つて B/W は B^*/W となる。ここで B^* は、浮子が全部水中に沈んだときに生ずる浮力を意味する。

2) **Table III** の最初の欄において、Square-Net, Flat-Net に夫々 A, B, C の符号を附したのは、 B^*/W の値が、A は 0.5, B は 1.0, C は 2.0 であることを示す。

3) **Fig. 4-a, b, c** 及び **Fig. 5-a, b, c** における A, B, C の符号は、土俵網の長さが A は 60 cm, B は 90 cm, C は 120 cm であることを示す。

4) **Table II** の最初の欄に示した網が、**Fig. 1** のどれに対応するかを表示すれば第1表の通りである。

第 1 表

Table II	Fig. 1	Table II	Fig. 1
(1) (1-a)	(A)	(8) (1-b)	(D)
(2) (1-a)	(B)	(10) (2-b)	(E)
(4) (1-a)	(C)	(11) (2-b)	(F)

* Kanamori: On the Physical Analysis of the Fixed-fishing-net Resistance, Memoirs of the Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Vol. 8, 1960, Feb.

又 Fig. 3-a, 3-b が Table II のどの網に対応するかを表示すると、第2表の通りである。

第 2 表

Fig. 3	Table II	Fig. 1
$\begin{pmatrix} 3-a \\ 3-b \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} (1) & (1-a) \\ (10) & (2-b) \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} (A) \\ (E) \end{pmatrix}$

5) Fig. 11 の (a), (b) の 0 点を通る水平線を H_0H とし、 H_0H と水底との距離を D とする。土俵網の長さを l とする。

6) Table III の 12, 13 欄の左側の数字は、夫々完全に水中に没した浮子の数及び底から浮き上つた沈子の数である。箱網の浮子及び沈子の数は夫々 8 個、平面網のそれは 9 個である。

7) Table III の 15 欄の h は全沈子が底から離れた時だけが、流体力学的な揚力となり、その他の場合には、流体力学的に働いた揚力は、これよりも小さい。

実験結果の解析

(1) 変形係数 k

網の射影面積と流速との関係は、代表的な網について Fig. 8, 9 に片対数目盛で図示してある。これは直線で近似できるので、その傾斜を求めた値 k も図中に記入してある。これを式で示すと、

$$\log S = -kV + \text{const.}$$

の形となる。 $V=0$ のときの S を S_0 とおくと、この式は、

$$S = S_0 e^{-kV} \dots\dots\dots(1)$$

の形になる。このようにして、従来漁網の抵抗係数の中に含ませていた一要素を、簡単な形で分離することに成功した。

平面網及び真四角な箱網について、流速と射影面積との関係を図示すると、第1図及び第2図のようになる。(図中の k は近似式を用いず(1)式を用いて得た値である。)

平面網と箱網の k に対する l/D (土俵網の長さ l と、水深 D との比) 及び B^*/W との関係調べると、第3図に示すように、 l/D の影響は殆んど認められず、又 B^*/W の系統的影響も認められない。そして k の値は、平面網が箱網より大きいことも分る。

流れの抵抗を受けた網の形は、一種の懸吊線と見做されるので、後日この見地に立つて、この資料の解析を行う予定である。そしてこの際には、懸吊線の支点到当ところが、移動可能なので、この移動量、即ち変形係数を決定する重要な要素は、網を上下方向に引張る力、 $b+d$ (Table III, 12, 13 欄において、 b は水中における浮子の浮力、 d は水中における網と沈子の水中重量) と、流れによる抗力 P (同表 10 欄、水平分力) との比、又はそれに似た量であると思われる。

(2) 土俵網に働く力の水平分力係数 C_P

C_P と流速との関係は、Fig. 6-a 及び 6-b に示した通りで、この図は左端から順に、土俵網の長さが 60 cm, 90 cm 及び 120 cm の場合を示す。これから得られる結論は、本論文の概要(3)に述べた通りである。

平面網及び箱網以外の網について、単に全体の平均値を求めることは余り意味が無いの

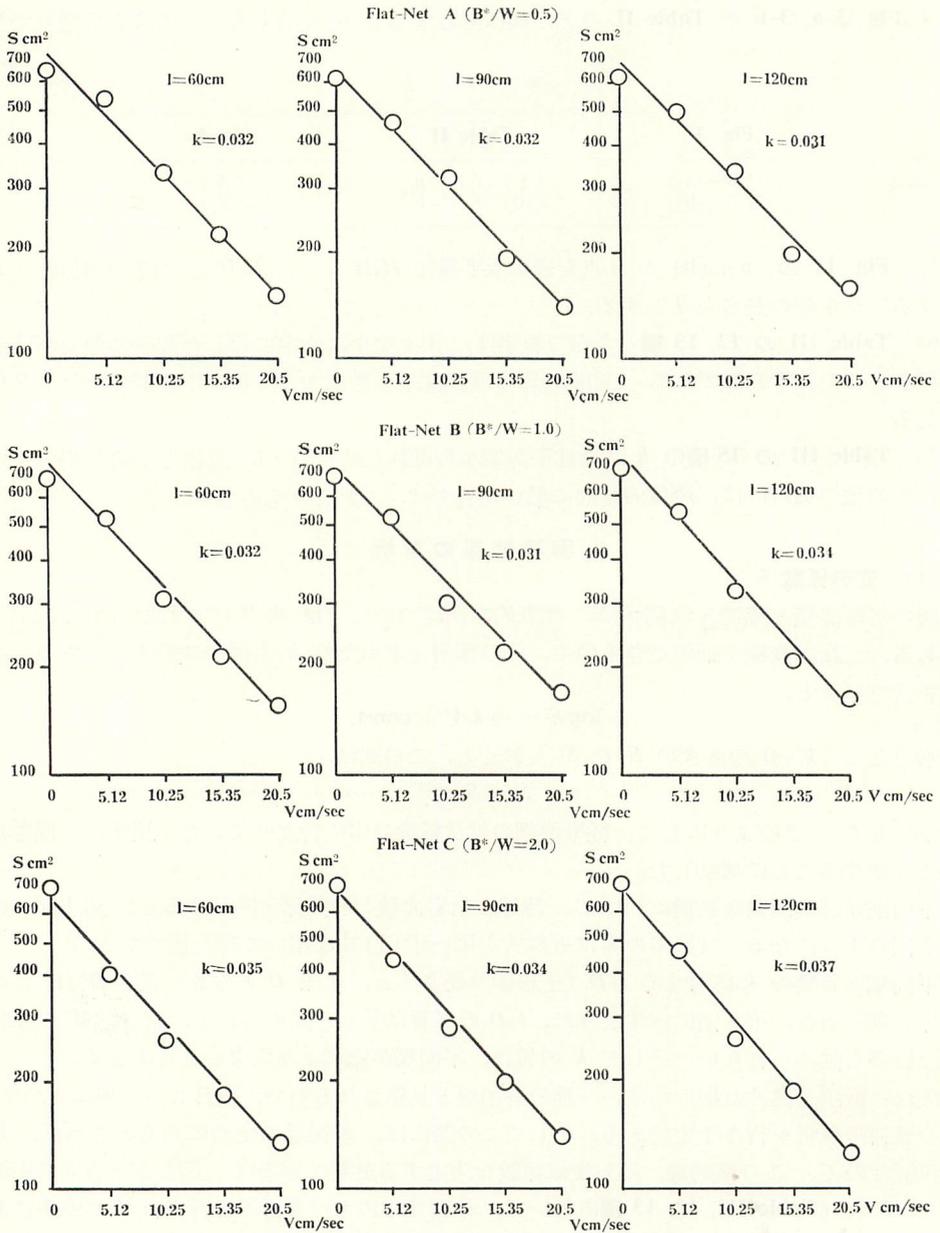


Fig. 1. The relationship between the current velocity and the projected area of flat-nets.

で、全体の傾向をみるために、Table II に示した網の型式別 (1-a, b 及び 2-b) の C_P と流速との関係を図示すると、第4図のようになる。この結果から次のことが言える。

1) C_P は、同じ網でも流れを受ける方向、即ち ox 、 $-ox$ 及び oy (Fig. 2-d 参照) によつて異なる。

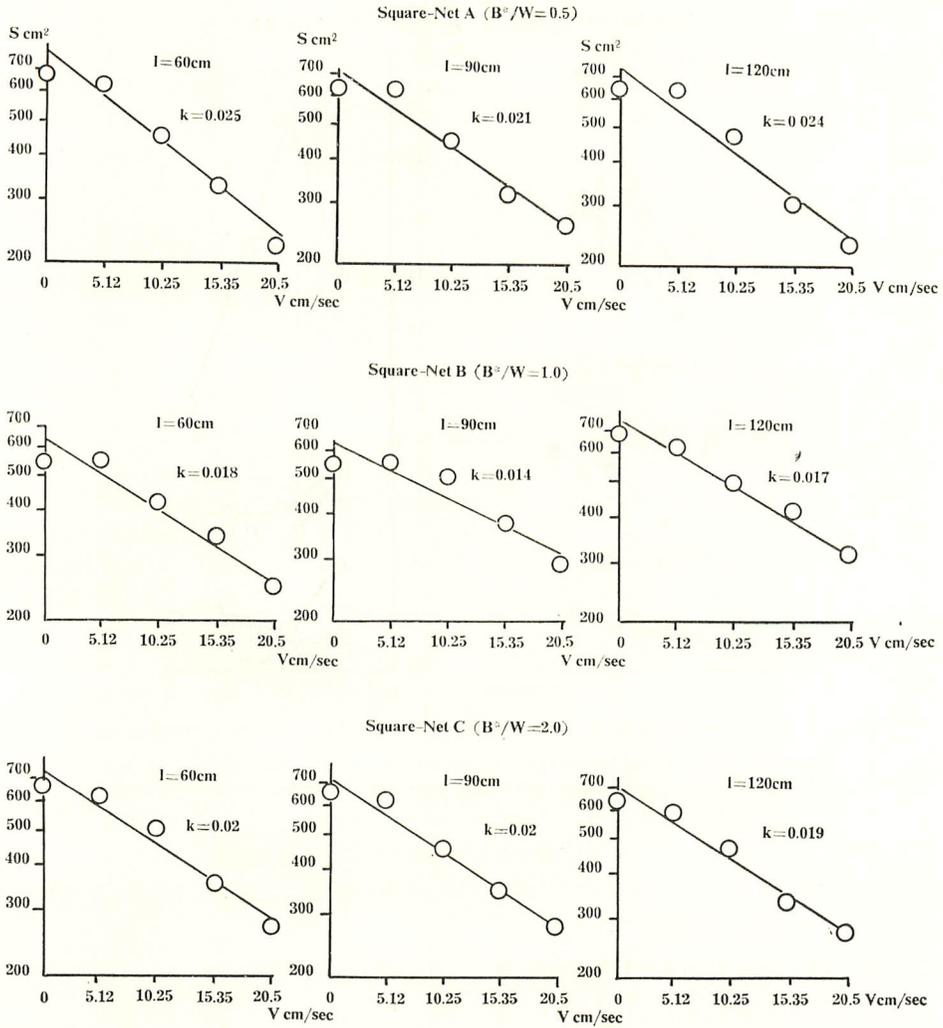
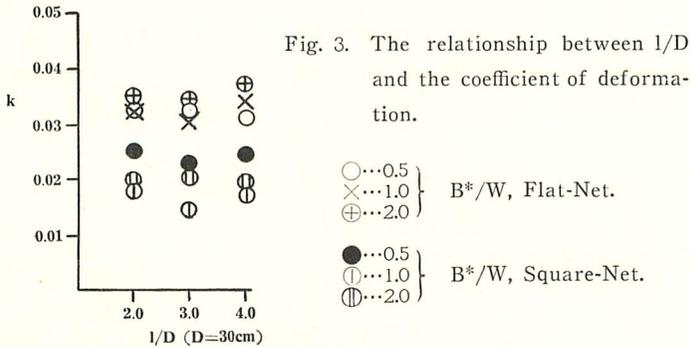


Fig. 2. The relationship between the current velocity and the projected area of square-nets.



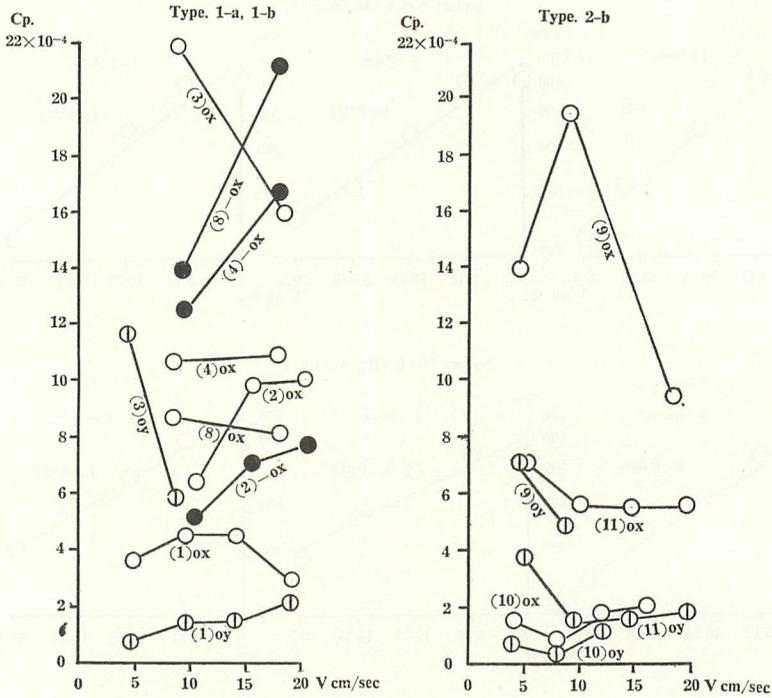


Fig. 4. Horizontal coefficient of models of nets which are in practical use.

Numerals in round brackets () show the name and number of net in Table II; ox, -ox and oy, show the current direction.

底層式網 (2-b) の C_p は、中層式網 (1-a, 1-b) の C_p よりも概して小さい。

2) 中層式網 (1-a, 1-b) の C_p は、底層式網 (2-b) の C_p に比し、流速による変化の割合が概して大きい。

(3) 網に働く流体力学的な上下方向の力 (これを揚力と略称する。)

この力を h^* と定義すれば、

$$h^* \leq h = Q + d - b$$

(Table III において、 Q は垂直分力、 b は水中浮力、 d は水中重量、 h は揚力) で、全体の沈子が水底を離れている時のみ h が全揚力を与えることになる。全体の沈子が水底を離れるのは今回の実験では、平面網の $B^*/W=2.0$ で、流速が 10.25 cm/sec 以上の時、及び箱網の $B^*/W=2.0$ で、流速が $15 \sim 20 \text{ cm/sec}$ 以上の時である。それ故に、これらの場合には C_h を網の揚力係数とすることができる。この時の揚抗比 C_h/C_p を求めると第3表のようになる。

ここに α は第5図のように網の迎角に相当する角度である。

第3表から次のような傾向のあることが知られる。

1) 平面網の土俵網の長さが異つても、流速が増大すると揚抗比は小さくなり、迎角は小さくなる。

2) 平面網が或る同じ流速を受けるときは、土俵網が長くなれば揚抗比は小さくなり、

第 3 表

Net	<i>l</i> cm	<i>V</i> cm/sec	<i>C_P</i>	<i>C_h</i>	<i>C_h/C_P</i>	α
Flat-Net <i>B[*]/W=2.0</i>	60	10.25	7.3×10^{-4}	1.6×10^{-4}	0.22	50°
		15.35	8.2	1.8	0.22	30°
		20.50	19.7	3.6	0.19	23°
	90	10.25	7.3	1.3	0.18	50°
		15.35	7.7	1.25	0.16	33°
		20.50	15.8	2.23	0.14	24°
	120	10.25	6.4	1.4	0.22	52°
		15.35	7.8	1.0	0.13	35°
		20.50	18.7	2.66	0.12	24.5°
Square-Net <i>B[*]/W=2.0</i>	90	20.50	9.2	0.67	0.073	—
	120	15.35	7.7	0.45	0.059	—
		20.50	9.4	0.36	0.038	—

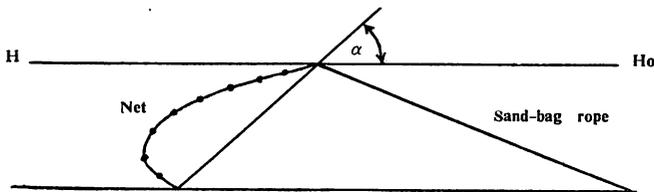


Fig. 5. Angle of attack of the current-deformed net.

迎角は大きくなる。

(4) 沈子に働く力

網と水底との間に働く力は、今回は特殊な場合のみについて測定したが、この力を特別に測定しなかつた今回の実験値からも、次のような仮定のもとに、沈子に働く力を求めることが出来る。

1) 沈子以外の部分の網と水底との接触部に働く力は無視できる。

2) 沈子の位置での網の方向は、静止摩擦角の方向にある。いま一つの沈子に働く水中重力を d_0 、 i 番目の沈子が網によつて引かれる力を F_i 、網と水底とのなす角度を δ_i 、沈子と底面との摩擦係数を μ とすると、上記仮定により、

$$\mu (d_0 - F_i \sin \delta_i) = F_i \cos \delta_i$$

であるから、

$$F_i = \frac{\mu d_0}{\cos \delta_i + \mu \sin \delta_i} \quad \text{となる。}$$

摩擦角を ϕ とおくと、 $\mu = \tan \phi$

$$F_i = \frac{d_0 \sin \phi}{\cos (\phi - \delta_i)}$$

これによつて、水底についている沈子の数を n とすれば、水底と接している部分に働く水平力及び下向きの力は、

$$\sum_{i=1}^n F_i \cos \delta_i \quad \text{及び} \quad \sum_{i=1}^n (d_0 - F_i \sin \delta_i)$$

で求められ、これだけの値の修正を行うことにより、今回の資料から、網にかかる純粋の

流体力学的な力を取り出して、流体力学的解析を行うことができる。このことは、(1) 変形係数の項で述べた事項と共に、別の報告として発表の予定である。

謝 辞

本論文のとりまとめに当つて、広島大学理学部教授藤原武夫博士、同じく前川力博士より夫々御懇切なる御指導と御校閲を賜り、又鹿児島大学水産学部教授藤田親男博士より数々の御助言を賜つた。茲に深甚の謝意を表する次第である。

Errata of the formerly report

P. 147 Line 17th, For '(b)⁴' read '(b)¹⁴'; P. 150 Line 18th, For 'thesand-bag' read 'the sand-bag'; P. 152 Line 26th, For '10.1 cm/sec~1.5 cm/sec' read '0.1 m/sec~1.5 m/sec'; P. 153 Line 23rd, For 'brakets' read 'brackets'; P. 153 Line 29th, For 'conditinos' read 'conditions'; P. 153 Line 33rd, For 'As shown in the former paragraph as shown in Fig 3,' read 'As shown in Fig 3, in each fixed-net, net-deformation changes'; P. 154 156 Table II, Name and characteristics of Net, (4)(5)(6)(7)(8), For 'Middle-Rayer yellowtail Set-Net' read 'Middle-Layer yellowtail Set-Net'; P. 161 Bottom line, For '9 are representative ones', read '9 show the S/V diagram semi-logarithmically plotted'; P. 165 Fig. 4-C. A, For 'a lateral view of 20.5 cm/sec' should be except; P. 175 Line 9th, For 'sand-ropes' read 'sand-bag ropes'; P. 175 Line 21st, For 'component' read 'components'; P. 176 Table V, Colum. At right angle Line 3, and Line 4, For '(4.2)' read '[4.2]'; P. 177 Table VI, Colum C_B , For '4.9, 7.6' read '6.3, 10.2'; P. 177 Table VI, Colum C_Q , For '1.9, 1.7, 2.7' read '2.3, 2.1, 2.2'; P. 177 4th line from the bottom, For 'at the section b , in the line of Table III, it is denoted with*;' should be except.; P. 177 3rd line from the bottom, For '($Q-B$) in the 15th line in negative' read '($Q-B$) in the 15th line of Table III is negative'; P. 178 9th line from the bottom, For 'Table II and III' read 'Table III'; P. 178 4th line from the bottom, For 'and its direction ϕ ' read 'and in general its direction ϕ '; P. 179 Line 4th, For 'This magnitude decreases' read 'This magnitude increases'; P. 180 Line 4th, For 'through' read 'through'.