

京都大学工学部

正員 岩垣雄一

大阪府立工業高等専門学校 正員 平山秀夫

1. はしごき：われわれは、ここ数年、漂砂の浮遊機構を解明するため、一連の研究を主として実験的に進めてきている。昨年度には染料を用いて、特に底面が滑面の場合の重複波動中の拡散特性と詳しく調べた。そのうち、染料の拡散面積の拡大から拡散係数を求め、その場所的分布特性やオーダーを算定した結果については今年の海岸工学講演会論文集に発表することになっている。ここでは、波動境界層外における染料域の中心位置の1周期ごとの移動に着目して、重複波動中における質量輸送速度を実験的に求め、野田の理論結果と比較するとともに、その場所的分布特性などを調べる。ついで、前報に示したと同じ方法で、質量輸送速度の分散から拡散係数を定義し、そのオーダーや場所的分布特性を調べ、単一粒子の場合の結果と比較検討する。

2. 実験装置および実験方法：実験装置は、ただ染料の注入口を水槽の底部に設け、さらに波の1周期ごとの染料域の移動を撮影するために、造波部分に接触してシャッターが作動するモータードライブ付きカメラを使用し、たこととを除けば、前報と全く同様であるので、ここでは省略する。実験方法は、重複波が定常状態になったと思われる時、底面の注入口から比重がほぼ1の螢光染料（エクスソ）を鉛直噴流にならないように静かに注入し、その鉛直面内の拡散域をモータードライブ付きカメラで1周期ごとに撮影した。なお、実験は滑面の場合のみとし、その測定位置は $8x \approx \pi/4, \pi/2, 3\pi/4, \pi$ の計4カ所で、しかも底質の浮遊に最も重要であると考えられる底面付近（ $z \approx -2.5 \text{ cm}$ ）と重要な位置で波高 H たりを $4 \text{ cm} \sim 15 \text{ cm}$ の範囲で適当に変え、約25ケースづつ行った。得られたデータのうち、特に注入の影響がなく、しかも染料域がほぼ円型と思われる場合のみを解析の対象とした。

3. 解析方法：(1) 質量輸送速度：野田¹⁾は Longuet-Higgins と全く同様な方法で重複波による底面境界層内における質量輸送速度を理論的に算出した。その結果によれば、境界層外でも次式のように無次元表示される質量輸送速度 $\bar{U}_0$ が存在する。

$$\bar{U}_0(H/T) = -3/8 \cdot (H/L)^{1/2} (\sinh^2 kh) \cdot \sin 2kx \dots \dots \dots (1)$$

一方、質量輸送速度の実験値は、染料域の中心位置の座標 $x_i = (x_{\max} + x_{\min})/2$ ($x_{\max}, x_{\min}$ はそれぞれ染料域縁辺の座標の最大値および最小値) を用いて、 $\bar{U}_0 = (x_{i+1} - x_i)/T = \Delta x_i/T$ (Δx_i ：時刻 i における1周期後における中心位置の変位量) から近似的に求め、野田の理論と比較した。

(2) 質量輸送速度の分散にもとづく拡散係数の算出：前報²⁾と全く同様に、質量輸送速度の分散値から拡散係数を定義する。 $\bar{U}_0$ と $\bar{U}_0(H/T)$ の両方とも波高による分布特性が顕著でないことから、次の2通りの方法で求めた。

(i) $D_{x1} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i^2 (\bar{U}_0(H_i/T) - m_1)^2 / N \approx H^2/T \cdot \sigma^2$ および (ii) $D_{x2} = T \cdot \{ (\sum_{i=1}^N \frac{\Delta x_i^2}{T} - m_2)^2 / N \} = T \sigma^2$ 、ここで、 D_{x1}, D_{x2} は拡散係数、 $m_1 = \sum_{i=1}^N (\bar{U}_0(H_i/T)) / N$ 、 $m_2 = (\sum_{i=1}^N \Delta x_i / T) / N$ 、 N はデータ個数、 $H = \sum_{i=1}^N H_i / N$ 、 $\sigma = \{ (\sum_{i=1}^N (\bar{U}_0(H_i/T) - m_1)^2 / N) \}^{1/2}$ 、 $\sigma = \{ (\sum_{i=1}^N (\Delta x_i / T - m_2)^2 / N) \}^{1/2}$ である。なお、これらの (i) および (ii) による諸元を表-1に示す。

4. 実験結果：(1) 質量輸送の場所的分布：図-1 (1), (2) は無次元質量輸送速度 $\bar{U}_0(H/T)$ の水平方向の場所的分布と底面からの高さ d (cm) によって (1) $0 \leq d < 4 \text{ cm}$ と (2) $4 \leq d < 8 \text{ cm}$ の場合に分けて示したもので、図中の実線は、式(1)の結果と波高別に示したものである。これらの図から明らかなことは、まず $x=1$ に、理論値と実験値は $8x$ の値によって著しい差異があるが、実験値の平均値と考えれば、 $\pi/2 < 8x < \pi$ では、両者の傾向はほぼ合致していることである。又2に底面からの距離による実験値の特性の差異はほとんど見られなく、かつ波高による分布特性も不明確である。なお、実験値の平均値は図中■印で示してあるが、これは、すべての実験データと $8x \approx$

$\pi/4, \pi/2, 3\pi/4$ および π の4つの部分に分けて、それらの平均をとったものである。

(2) 拡散域の時間的变化より求めた拡散係数と質量輸送速度の関係：図-2は $kx \approx 3\pi/4$ の位置での質量輸送速度 $\bar{U}_x$ と拡散域の時間的变化から求めた拡散係数 D の相関を調べたものである。この図から、波高による分布特性は不明確であるが、 $\bar{U}_x$ と D はかなりの相関があることがわかる。なお、この場合の拡散係数 D は染料の拡散域の時間的变化量 $(S_{in} - S_{out})$ を用いて $D = (S_{in} - S_{out}) / 4\pi T$ から算定したもので、相当半径 $r \approx 0.5 \text{ cm}$ の場合の結果である。

(3) 質量輸送速度の分散による拡散係数と従来の結果との比較：図-3は3.(2)で定義した(i), (ii)による水平拡散係数の水平方向の分布を底面からの高さ d によって分類して示したものである。この図から、底面からの高さならび

表-1: 実験データの諸元

(0 ≤ d < 4 cm)	データ個数	$E(\frac{dx}{dt})_x / N$	$(\sigma_x^2) / N$	DH_x / N	$\frac{H}{D}$	$E(\frac{dx}{dt})_x / N$	$(\sigma_x^2) / N$	$T \sigma_x^2$
kx	(N) 個	(m ₂)	(σ ₂ ²)	(H) cm	(D × 10 ²)	(m ₂) %	(σ ₂ ²) %	(D × 10 ²)
$\pi/4$	146	-0.014	0.0027	8.21	0.158	-0.130	0.1207	0.139
$\pi/2$	34	0.110	0.0042	7.61	0.209	0.491	0.2020	0.232
$3\pi/4$	90	0.204	0.0041	8.56	0.261	1.560	0.5243	0.603
π	81	0.133	0.0028	10.32	0.259	1.170	0.2436	0.280
(4 ≤ d < 8 cm)								
$\pi/4$	113	-0.003	0.0024	9.59	0.195	0.036	0.1735	0.200
$\pi/2$	49	0.053	0.0082	7.58	0.412	0.323	0.2665	0.306
$3\pi/4$	111	0.147	0.0045	9.39	0.346	1.177	0.3809	0.438
π	122	0.118	0.0029	9.39	0.225	0.957	0.2258	0.260

に方法(i), (ii)による差異はあまり顕著でないことがわかる。また、同図中に単一粒子の残留速度の分散から定義した場合の結果を口印で示してあるが、(i), (ii)で定義した水平拡散係数に比して、その大きさと場所的分布特性に若干の差異が見られる。これは染料の拡散域が単一粒子の径に比してかなり大きいことによると推察されるが、明確なことはよくわからない。最後に実験に引用いただいた図 事久表(現京大大学院)に謝意を表するとともに、本研究は文部省科学研究費による研究の一部であることを付記する。参考文献：1) 野田川島：浅海室模波による質量輸送，X15日海研，1968，pp.24-29.

