

京都大学工学部 正会員 ○茂野 敏之
 京都大学工学部 正会員 岩垣 雄一
 大阪市 正会員 永井 文博

1. はじめに 波と流れの共存場での現象の解明は、波動のみあるいは流れのみといった単独場での現象の機構を見直す意義を持っている。特に両者の特性がまったく異なる現象は、両者をつなぐ遷移場である共存場で調べるのがその解明への有効な手段と考えられる。流れの中に置かれた円柱の背後に発生する後流渦の発生周波数 f_w は揚力の変動周波数 f_L と一致するが、定常流中においては f_w あるいは f_L は、流れの流速 U と円柱径 D によって決定され、流れの流速 U が増加するとこれらの値は連続的に増加する。しかし波動中においては図-1に示す本研究の予備実験の結果ならぬに榎木・中村¹⁾、沢本ら²⁾の実験結果に見られるように、 f_w と波の周波数 f_w との比 f_L/f_w は、K.C.数の増加とともにステップ状に変化する。したがって波高を増加することにより水粒子速度を大きくしても、あるK.C.数の範囲内では $f_L=f_w$ は増加せず一定のままである。ここではこれを渦の離脱周波数 f_w 、あるいは揚力変動周波数 f_L の、波動周波数 f_w への同調現象と呼ぶことにする。本研究は共存場での同調現象とはどのようなものであるか、流れを波に対してどの程度大きくした時に、この現象が消滅するかについて考察したものである。

2. 実験装置・方法 実験はすべて循環流発生装置の付いた造波水槽で行い、揚力測定に用いた円柱は主として直径30mmと60mmの2種類の直円柱である。実験で用いた波の周波数 f_w は0.5~0.8Hz、流れはすべて逆流で、流速 U は0~25cm/secの範囲である。一方、揚力変動は円柱周囲の後流渦の特性に支配されるので、アルミニウム粉を水面に散布し、その流跡をモーター・ドライブ付カメラで撮影することにより、流況の可視化実験を並行して行った。共存場の後流渦特性についての結果は、文献3)を参照されたい。

3. 共存場の揚力変動の測定結果 図-2は測定された揚力変動と水位変動の1例を示したものである。図-2(a)は波動のみの場合である。揚力変動は外力が同じでも、

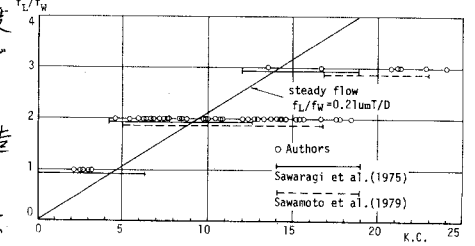


図-1 揚力変動周波数 f_L と波動周波数 f_w の比(波動のみ)

	U (cm/sec)	T _c (sec)	f (Hz)	amp (cm)	K.C.	(K.C.) ²	Ca _{sym}	T _w (sec)	T _L (sec)	T _w /T _L =f _L /f _w
C1-W1	0.0	—	0.5	2.1	6.32	6.32	1.00	2.03	1.01	2
C1-W2	0.0	—	0.8	4.3	7.49	7.49	1.00	1.26	0.63	2
C2-W1	-5.3	—	0.5	2.0	5.99	7.07	0.63	2.04	1.36	1.5
C2-W2	-5.3	—	0.8	4.3	7.37	7.71	0.77	1.26	0.62	2
C3-W1	-12.5	1.09	0.5	2.3	6.96	13.06	0.46	2.03	0.96	2
C3-W2	-12.5	1.09	0.8	4.2	7.17	9.15	0.58	1.26	0.82	1.5
C4-W1	-15.1	0.79	0.5	2.3	6.94	15.83	0.41	2.01	1.01	2
C4-W2	-15.1	0.79	0.8	5.1	8.50	10.97	0.57	1.26	0.86	1.5
C5-W1	-19.1	0.67	0.5	2.3	6.91	20.02	0.35	2.03	0.98	2
C5-W2	-19.1	0.67	0.8	4.6	7.63	12.51	0.49	1.27	0.63	2
C6-W1	-22.8	0.56	0.5	1.8	5.44	23.83	0.26	2.04	0.57	*
C6-W2	-22.8	0.56	0.8	5.1	8.32	14.89	0.47	1.26	0.57	*

表-1 実験結果の1例

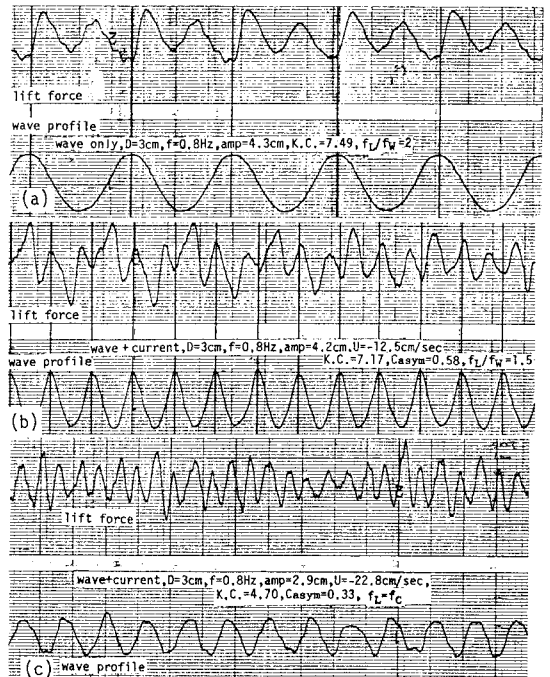


図-2 水位変動と揚力変動の測定記録の1例

一般に規則的な変動をしないが、ビートをうったり f_L/f_w の値が時間的に変化したりするが、この場合のように安定となる場合も多い。図から彼の1周期の間に2周期の揚力変動があることがわかる。図-2(b)は共存場の場合で、彼の2周期間に1つの揚力変動のパターンがくり返されていることが読みとれる。このケースでは $f_L/f_w = 1.5$ である。共存場においては他に $f_L/f_w = 0.5$ や $2.5, 3.5$ となる場合があり、これは共存場に特有の性質である。すなわち、波動場では $f_L/f_w = 1, 2, 3, \dots$ の整数であるが、共存場では $2f_L/f_w$ が整数となることがわかる。以後、同調現象を $2f_L/f_w$ が整数になる場合に拡張して解釈する。図-2(c)は流れの速度が波の水粒子速度に比較して大きい場合の実験であり、揚力変動は図-2(a), (b)のように水位変動とともに定まったパターンの変化を示さず、またこの時の f_L は同じ流速を持つ流れだけの場合の揚力変動周期波 f_c と一致することから、波動による同調現象が消滅したと考えられる。しかし一般に f_L/f_w が3より大きくなると、揚力変動の周期性が弱くなるので、 f_L が f_c と一致したかどうかの判定が難しくなる場合もある。図-3は f_L/f_w についての実験結果を K.C. 数 (= $u_m T/D$, u_m は波の水粒子速度の振幅) と、以下に示す波と流れの構成比を示すパラメータ C_{asy} で整理したものである。 $C_{asy} = u_m / (u_m T + D)$

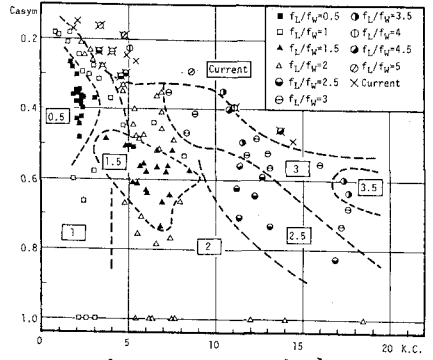


図-3 f_L/f_w に関する実験結果

図中には f_L/f_w の値の大きい領域区分を示した。X印は f_L が f_c と一致した場合であり、 $2f_L/f_w =$ 整数、 $f_L = f_c$ のどちらともとれる場合は両方の記号を示している。 C_{asy} の定義より波のみの場合に $C_{asy} = 1$ 、流れのみの場合に0となるが、図-3に見られるように、流れの速度が波の水粒子速度よりかなり大きくなって、同調現象を示す実験ケースがあることが注目される。次に図-3の同調現象が見られる場合の f_L/f_w の結果を1つのパラメータで記述することを考察する。いま共存場において、彼の1周期間に移動する距離 S から新たな K.C. 数 (K.C.)_S を定義する。

$$(K.C.)_S = \pi S/D = [\int_0^T |u_m \cos \sigma t + U| dt] / D$$

図4は f_L/f_w の実験値と (K.C.)_S との関係を示したもので、 f_L/f_w は (K.C.)_S の増加に対し段階的ではあるが、ほぼ比例して増加していることがわかる。

4. 後流渦の流況と揚力変動の関係 図-5は円柱設置点での水粒子運動と、渦の離脱および揚力変動を可視化実験の結果をもとに説明したものである。後流渦が円柱に近接している方向に揚力が働くと考えれば、揚力変動が理解されよう。図-5(a)(b)とも後流渦が1周期内に2個放出されるが、渦発生と流れの逆転との位相関係により、波動場の(a)では $f_L/f_w = 2$ となり、共存場の(b)では $f_L/f_w = 1.5$ となる。図-5(b)では円柱下半面から渦が最初に放出されているが、次の周期では上半面から放出される。

謝辞 本研究は文部省科学研究費(特定研究(1)、代表者元良誠三教授)による研究の一部であることを付記して謝意を表する。

参考文献 1) 榎本・中村・喜田, 第22回海講, 1975. 2) 沢本・菊池, 第26回海講, 1979. 3) 岩垣・浅野・永井, 第29回海講, 1982.

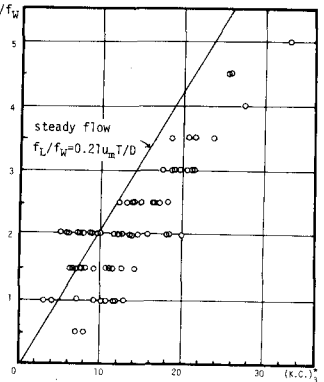


図-4 f_L/f_w と (K.C.)_S との関係

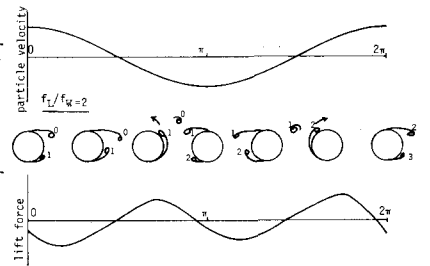


図-5(a) 渦の離脱と揚力変動の説明図(波動場)

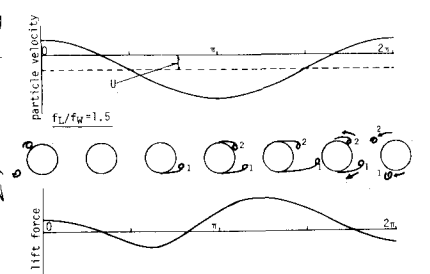


図-5(b) 渦の離脱と揚力変動の説明図(共存場)