OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	INSTABILITY OF THIN LIQUID SHEET AND EFFECT OF VISCOSITY ON LONG GRAVITY WAVES
Author(s)	松内, 一雄
Citation	大阪大学, 1976, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/225
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【51】

氏名・(本籍)	松内一雄
学位の種類	工学博士
学位記番号	第3636号
学位授与の日付	昭和51年3月25日
学位授与の要件	基礎工学研究科物理系 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	**液体薄膜の不安定と浅水重力波に対する粘性の影響**
論文審査委員	(主査) 教授 角谷 典彦 (副査) 教授 今井 功 教授 今市 憲作

論文内容の要旨

本論文は近年急速に発展しつつある特異摂動法の水面波に対する二，三の応用である。第Ⅰ部では液体薄膜にたつ表面張力波，第Ⅱ部では粘性の影響を考慮した浅水重力波を扱っている。

第Ⅰ部　液体薄膜の不安定とその崩壊

液体を，単位体積当りの表面積が大きな霧状に分散させることは，かなり古くから燃焼工学，化学工学，農業工学等の応用分野における重要な研究課題であった。この微粒化のメカニズムを流体力学的に明らかにし，水滴の大きさを決定し，窮極的にはそれを制御することに多大の努力が払われてきた。にもかかわらず，この微粒化を説明し得る満足な理論は今のところできていない。

この現象のモデルとして，二次元の液体薄膜を扱い，その薄膜にたつ非線形表面張力波の不安定によって，この微粒化を説明することを試みた。まず，弱い非線形波の複素振幅が非線形のSchrödinger方程式に支配されることを示し，この方程式の性質を用いて，表面張力による不安定が常に起る事を証明した。しかも，上下面の中心面に対し対称な波がより不安定であることを示すことができ，この理論によって水滴化を説明し得る可能性が得られた。この可能性を確かめるために，弱い非線形の仮定を外し，長波長近似のもとで薄膜表面の変位と流速を支配する簡単な方程式を導びいた。この方程式の解の性質を解析的に考察し，更に方程式を数値的に積分することによって，膜の不安定は確かに起り，かつ薄膜が崩壊することを確かめた。

第Ⅱ部　浅水重力波に対する粘性の影響

浅水重力波に対し，Korteweg と de Vries が，今日彼らの名で呼ばれている方程式を導びいたのは，古く1895年のことであるが，数学的あるいは物理的な興味から，この方程式が数多くの研究者の注意

をひきつけるようになったのは最近十年程のことである。ところが，現実に存在する粘性の影響については，これまで明らかにされていない。そこで，この方程式が粘性によってどのように修正されるかを調べた。その結果，水底での粘性境界層は通常の条件のもとでは無視できず，その効果は，積分の形で Korteweg-de Vries 方程式につけ加わることがわかった。このことから，粘性の影響が非局所的な性格を持ち，遠方の状態にも敏感に応答する事を明らかにした。また，この微積分方程式を数値的に解くことにより，波のエネルギ減衰やいろいろな波数成分間のエネルギ伝達の機構を調べた。最後に Zabusky と Galvin によって最近行われた実験との比較を試み，孤立派の減衰に関して，かなりよい一致を得た。

論文の審査結果の要旨

本論文はつぎの二つの問題を取扱っている。

(i)液体薄膜の非線形不安定：表面張力の作用下にある液体薄膜は通常の線形理論によれば安定である。一方実験的には，このような薄膜はある場合不安定になり（二次元）液滴に崩壊することが知られている。この現象の説明として，従来液体の粘性や周囲の空気の影響に原因を求める理論があるが，いずれも決定的でない。著者は，この不安定性の有力な原因として非線形性に着目し，まず弱い非線形表面張力波の複素振幅が非線形の Schrödinger 型の方程式に支配されることを示し，この方程式の性質を用いて，液体薄膜が振幅に依存する変調不安定をおこすことを示した。さらに長波長の波を仮定して，弱非線形の制限をゆるめた解析と数値計算を行ない，薄膜が実際に崩壊して液滴になることをほぼ満足に説明することに成功した。

(ii) 重力波に対する粘性の影響：従来の浅水重力波の理論では，完全流体の非回転運動を仮定するのが普通であるが，著者は浅水波においては，水底における粘性の影響は決して無視できないことを指摘し，Reynolds 数・波長・水深の関係によって粘性の効果を分類した。これによって，非線形浅水重力波に対する粘性効果を，Korteweg-de Vries 型の簡単な微積分方程式で記述し得ることを示した。ついでこの方程式の解の性質を数値的に吟味し，最近行われた Zabusky-Galvin の実験と比較し得る結果を導いた。

以上二つの問題は，数学的には近年急速に発展しつつある非線形系に対する特異摂動法の応用であり，この方面への寄与も少なくなく，得られた物理的結果と共に博士論文の価値あるものと認める。