

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ランジュバン方程式による核分裂機構の研究
Title(English)	Study on mechanisms of nuclear fission by Langevin equation
著者(和文)	Mark Dennis Usang
Author(English)	Mark Dennis Usang
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11003号, 授与年月日:2018年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:千葉 敏,小栗 慶之,相樂 洋,長谷川 純,筒井 広明
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11003号, Conferred date:2018/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨案及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Mark Dennis Anak Usang	
		氏名	職名		
論文審査 審査員	主査	千葉 敏	教授	長谷川 純	准教授
	審査員	小栗 慶之	教授		
		相楽 洋	准教授		
		筒井 広明	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study on mechanisms of nuclear fission by Langevin equation」(ランジュバン方程式による核分裂機構の研究)と題し、4章より構成されている。

第1章「Introduction」では、ランジュバン方程式を主として用いる核分裂の理論研究の現状を説明し、その問題点を述べている。まず、実験データの大局的な様相を提示し、それらの示す系統性や異常性について述べ、まだ解明されていない実験結果について述べている。次にこれまでの理論計算では核分裂途中の原子核の形状を表す変数の数(次元)が十分でなく制限の強いモデルであったり、輸送係数と総称される慣性質量及び摩擦テンソルが量子効果を含まない巨視的な流体力学的なモデルで計算されてきたため、核分裂から得られる観測量のうち一部しか説明できない問題点が紹介されている。そこで、本研究の目的が微視的輸送係数を用いる3次元ランジュバン方程式の手法及び次元を上げた巨視的輸送係数に基づく4次元ランジュバン方程式の手法を開発し、それぞれによって核分裂機構がどのように記述されるかを調べることでありと述べている。

第2章「Theory」では本研究で用いる計算手法について述べている。まず、複合核から分裂に至るまでの原子核形状を二中心殻モデルで用いる座標によって表すことが述べられ、その意味が説明されている。次に、その座標で表される形状においてポテンシャルエネルギーが液滴模型と殻補正の和として求められることを述べ、それぞれの計算方法を説明している。次に輸送係数として用いられる慣性質量テンソルと摩擦テンソルを求める巨視的及び微視的方法の双方について述べている。巨視的方法においては、慣性質量テンソルはWerner-Wheeler法、摩擦テンソルはWall-and-Window公式によって求め、微視的手法においては対相関をBCS(Bardeen Cooper Schrieffer)理論によって考慮した線形応答理論で求めることを述べている。さらにランジュバン方程式で用いるランダム力が白色ノイズに基づき、その強さがアインシュタイン方程式によって摩擦テンソルと系の温度によって決定されることを述べた後に、ランジュバン方程式を大きな調和振動子内の巨視的物体のブラウン運動として定式化できることを示している。

第3章「Results」では前章で述べた、殻補正のある場合と無い場合のポテンシャルエネルギー表面、巨視的及び微視的方法で計算した摩擦テンソル及び慣性質量テンソルを比較している。ポテンシャルについては殻補正が無い場合は二つの核分裂片が等しい質量数となるような分裂が主となることが示されている。摩擦テンソルについては、微視的摩擦係数が低温では超流動状態であることに対応し小さく、温度が上がると大きくなることを示されている。巨視的摩擦係数はこれらに対して大きく、現象論的に0.27倍して使うことが示されている。これに対して慣性質量テンソルの温度依存性は直観的な解釈が困難な変化をすることが示されている。また、対補正の有無による微視的摩擦係数についても、摩擦テンソルが対補正が無い場合には低温で小さくならないことが示されるが、慣性質量の温度依存性ももっと複雑であることが述べられている。これらにより、ランジュバン方程式の結果の温度による効果が必ずしも単純ではないことが示されている。次に、3次元微視的輸送係数を用いることにより、核分裂片の質量数分布は従来の巨視的輸送係数を使う場合と同程度の精度で実験値を再現できるが、核分裂片の全運動エネルギー(TKE)については明らかに励起エネルギー依存性の再現性が高まっていることを示している。これにより微視的輸送係数の温度依存性が質量数分布には露わには影響しないが、他の量を見ることで顕在化することが分かり、核分裂に関する相関しあう物理量に対する理解が深まることを示している。また、4次元ランジュバン方程式による計算では、ブローザ(Brosa)模型のスタンダードモード、スーパーロングモード、スーパーショートモード間の遷移が自然に表されることが明らかとなり、特にTKEの分布と、核分裂核種の質量数の増加と共に変化するTKEの系統性及び異常性、質量数分布の二山から一山、そして二山への変化を非常に良く記述できると述べている。4次元ランジュバン模型計算で3次元と同様の拘束をかけると、 ^{256}Fm の質量数分布が実験値を再現できないことも示されている。

第4章「Conclusions」では以上の各章で述べられた結果を総括し、結論を述べている。

これを要するに、本論文は核分裂の解析にこれまで用いられてきたランジュバン方程式に2通りの改良を施し、3次元の微視的輸送係数を用いる解析と4次元の巨視的輸送係数を用いることにより、核分裂の観測量を従来の方法より詳細かつ高精度で求めることができることを明らかにした。これによりいまだ未知の点の多い物理現象及び原子力の基礎としての核分裂に対する理解が着実に進められ、学術上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(学術)の学位論文として十分価値あるものとみとめられる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。