

17. Self-Consistent Accretion Disk-Coronal Model for Active Galactic Nuclei, with K. Nakamura, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **45**, 775-787, 1993.
18. Tidal Torques on Accretion Disks in Close Binary Stars, with S. Ichikawa, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **46**, 621-628, 1994.
19. A Model for WZ Sagittae-Type Dwarf Novae: SU UMa/WZ Sge Connection, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **47**, 47-58, 1995.
20. A Model for a Peculiar SU Majoris-Type Dwarf Nova ER Ursae Majoris, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **47**, L11-14, 1995.
21. Why Does RZ Leonis, an Unusual SU UMa, Have Such a Short Supercycle? *Publ. Astron. Soc. Japan*, **47**, L25-29, 1995.
22. DwarfNova Outbursts, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, **108**, 39-60, 1996.
23. Disk Instability Model for the AM Canum Venaticorum Stars, with M. Tsugawa, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **49**, 75-84, 1997.
24. Repetitive Rebrightening in the Dwarf Nova EG Cancri, with S. Shimizu and M. Tsugawa, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **49**, L19-23, 1997.
25. Steady State Model of X-ray Emitting Coronae Around Accreting Non-magnetic White Dwarfs in Cataclysmic Variable Stars, with P. Mahasena, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **51**, 45-52, 1999.

Books

Nonradial Oscillations of Stars, with W. Uuno, H. Ando and H. Shibahashi, University of Tokyo Press, 1979 and 1989.

References

1. Accretion Disks in Interacting Binary Stars, by J. K. Cannizzo and R. H. Kaitchuk, in *Scientific American*, 92-99, 1992.
2. Disk-Instability Model for Dwarf Nova Outbursts, J. I. Snak, in *Disk Instabilities in Close Binary Stars*, 1-11, Universal Academic Press, 1999.

理学博士戸田盛和氏の「非線形格子力学の研究」に対する授賞審査要旨

戸田盛和氏は統計力学・物性基礎論の分野、とくに液体理論の分野において顕著な業績をあげており、この中には統計力学のピリアル定理の量子論への拡張、表面張力の量子論、溶液論などが含まれている。

しかし、戸田氏の業績として特記すべきは、世界的に絶大な影響を与えた「非線形格子力学」の研究である。

結晶内の原子のように粒子が規則正しく配列したものを格子といひ、弾性体の力学、固体物理、統計力学の基礎などにおける数理的モデルとして広く用いられている。粒子が平衡点のまわりで微小な運動をしているときには、粒子は変位に比例する力を受ける。この場合、粒子のつくる格子は線形の体系とよばれ、いわゆる調和振動を行う。このモデルは固体の比熱の低温における振舞いを説明するなど、固体物理学の基礎になっている。

格子の振動の振幅が大きくなると、力是一般に変位に比例しなくなり線形性を失う。非線形性は物理現象のいたるところに現われる基本的なものであるが、線形系が数学的に厳密に扱われるのに対し

て非線形系を一般的にとり扱う数学的方法がないことがこれまで非線形現象の理解を妨げてきた。戸田氏が粒子の変位の大小に無関係に厳密解を与えるような非線形格子の数理的モデルを発見したことは、この意味でまことに画期的なことであった。

戸田氏の提案した格子は粒子が鎖状にならんだ体系、すなわち一次元格子であつて、隣接する二粒子の間隔を r とするとき、相互作用のポテンシャル・エネルギーが

$$\phi(r) \parallel (a/b) \exp(-br) + ar + \text{定数} \quad (ab > 0)$$

のように表せるものである。戸田氏は一九六七年にこの格子の周期的な縦振動が楕円関数、あるいは楕円テータ関数を用いて厳密に与えられることを示し、さらに孤立解（ソリトン解）および二個のソリトンを含む解を与えた。現在この格子模型は「戸田格子」(Toda lattice) とよばれる。日本人研究者の名前がこれほど明確な形で採用され定着した例は少ない。

線形系には固有振動、すなわち規準モードが存在するが、非線形格子の振動においても、少なくとも「近似的に」相当安定した周期的運動が存在するらしいことが、一九五〇年代になされた Fermi 等の数値計算や一九六〇年代のはじめの Ford 等の数値計算によつて

示されていた。これに対し「厳密に」周期的な波動が伝播する非線形格子が実際に存在し、その解析的な解が与えられることを戸田氏が非常に見事に示したのである。これは恐らく物理学における今世紀最後の傑作であろうとまでいわれている。

ソリトンは安定な粒子のように振舞う非線形系の孤立波である。二個のソリトンの衝突を表す戸田氏の解はソリトンの安定性を明確に示すものであつた。ソリトンは衝突しても崩壊せず、衝突の前後で個性を保つ。非線形性と波の分散性がともに働く結果として安定な集団運動をするソリトンが形成されるのである。これは明らかにふつうの摂動論では得られない結果であつて、非線形性があれば波は衝突によつて波長の異なる波に分裂するだろうという従来の常識を完全にくつがえすものであつた。

戸田氏はさらにソリトンの概念を用いて、Fermi や Ford 等によつて示された再帰現象、すなわちある時間の後に体系が初期の状態にもどる場合があるという数値計算の結果を説明し、ソリトンの概念の有効性を明らかにした。

津波、海中の界面波、光パルス、結晶の転位などの種々の現象においてソリトン波が現れる。一般的にいえば、ソリトンは非線形系でエネルギーや情報を伝達する重要な要素であつて、自然科学の広い分野にわたつてその重要性が認識されている。戸田氏の研究はソ

リトンの本質を見抜き、最も簡単に、しかも応用の広い格子模型を提出したものである。

戸田格子の理論が提出されたのは非線形系の研究が世界的に大きく動きはじめた時期であった。流体の浅水波を表すものとして前世紀から知られていた Korteweg-de Vries (KdV) 方程式が多ソリトン解をもつことが Zabusky と Kruskal の計算機実験によって示されたのは一九六五年であった。これを契機として、与えられた初期条件のもとで KdV 方程式を解析的に解く、いわゆる逆散乱法が発明され、やがて同様の方法で戸田格子に対する解析的な解法が見出された。KdV 方程式が戸田格子の方程式から連続体近似の極限として与えられることも戸田氏によって示された。

その後、積分可能な非線形系が多数発見され、解法も種々考え出された。そしてこれにより数理科学の視野が大きく広がったことは物性物理のみならず、生態系の科学、素粒子物理学、プラズマ物理学などに波及的な影響を与えている。二次元戸田格子をはじめとして、さまざまに拡張された戸田格子や戸田場の理論などが国内外の理論物理学者や数学者によって広く研究されているが、その中にある戸田格子は最も標準的なものと考えられている。

以上のように、戸田氏の研究は非線形科学の世界的な進展の端緒をひらき、その発展に画期的に貢献したということが出来る。

なお、戸田氏はこの業績によって藤原賞を受賞し、またノルウェー王立科学アカデミーの外国人会員に選ばれている。

主要な論文・著書

(A) 論文

1. M. Toda: Vibration of a Chain with Nonlinear Interaction, *J. Phys. Soc. Japan* **22** (1967) 431-436.
2. M. Toda: Wave Propagation in Anharmonic Lattice, *J. Phys. Soc. Japan* **23** (1967) 501-506.
3. M. Toda: Mechanics and Statistical Mechanics of Nonlinear Chains, *Proc. Intern. Conf. Statist. Mech.*, *J. Phys. Soc. Japan*, Suppl. **26** (1969) 235-237.
4. M. Toda: Waves in Nonlinear Lattice, *Prog. Theor. Phys. Suppl.* **45** (1970) 174-200.
5. M. Toda and M. Wadati: A Soliton and two Solitons in an Exponential Lattice and Related Equations, *J. Phys. Soc. Japan* **34** (1973) 18-25.
6. M. Toda: Studies on a Nonlinear Lattice, *Arkiv for Det Fysiske Seminar i Trondheim* (1974, No. 2).
7. M. Toda and M. Wadati: A Canonical Transformation for the Exponential Lattice, *J. Phys. Soc. Japan* **39** (1975) 1204-1211.
8. M. Toda: Wave Propagation in a Nonlinear Lattice, in *Math. Problems in Theor. Phys.* **30** (ed. H. Araki, Springer Verlag 1975) 387-393.
9. M. Toda, R. Hirota and J. Satsuma: Chopping Phenomenon of a Nonlinear System, *Prog. Theor. Phys. Suppl.* **59** (1976) 148-161.
10. M. Toda: On the Periodic Exponential Lattice, *Arkiv for Det Fysiske Seminar i Trondheim* (1977, No. 3).
11. M. Toda: Solitons and Heat Conduction, *Physica Scripta* **20** (1979) 424-430.

12. Y. Okada, S. Watanabe and M. Toda: Nonlinear Dual Lattice, J. Phys. Soc. Japan 59 (1990) 4279-4285.
 13. M. Toda: Partition Function of Nonlinear Lattice, "Nonlinear Dispersive Wave Systems" (ed. L. Debnath, World Scientific Publ. 1992) 435-442.
 14. 戸田盛和：格子ソリトンの発見（五十年をかえりみる）、日本物理学会誌 51 (1996) 185-188.
- (B) 著書
1. Theory of Nonlinear Lattices 20, Springer Series in Solid State Sciences (Springer Verlag 1981, 2nd enlarged ed. 1988, Russian ed. 1984).
 2. Nonlinear Waves and Solitons (Kluwer Academic Publ. 1989).

工学博士石原研而氏の「地震時における 地盤の液状化に関する研究」に対する授 賞審査要旨

石原研而氏の研究は、地盤災害の調査による実際現象の把握と問題提起から始まっている。一九六四年新潟地震、一九七七年ルーマニア、ブランシア地震、一九七八年宮城県沖地震、一九七八年伊豆大島近海地震、一九八四年長野県西部地震、一九八七年エクワドル地震、一九八九年アルメニア地震、一九九〇年イラン、マンジール地震、一九九〇年ソヴェト、タジク地震、一九九〇年フィリピン、ルソン島地震、一九九五年兵庫県南部地震の地盤被害の調査を詳細に行い、実際の地盤液状化に伴う地盤変動に関する法則性を見出すとともに、室内試験により検討すべき点を明らかにした。

石原研而氏は、室内での材料試験である三軸及びねじりせん断試験により、土の液状化現象に関係する諸因子の精密な研究を行い、そのメカニズムと影響度の定量化と体系化を行った。特に、地震動の最大値が同一でも、地震動波形が衝撃的であるほど土は液状化しにくくなること、地震動が水平面内で多方向に作用すると地震動が水平一方向に作用する場合よりも土は液状化しやすくなること、土