

日本学士院賞 受賞者

はせがわ
長谷川

あきら
晃



専攻学科学目 物理学・光学・通信工学

生年 昭和九年六月
略歴 昭和三年三月

同 三四年 四月	大阪大学工学部通信工学科卒業
同 三九年 六月	松下電子工業研究所研究員
同 三九年 九月	米国カリフォルニア大学大学院バークレー校電気工学専攻博士課程修了、Ph.D.
同 四二年 四月	大阪大学基礎工学部助教授
同 四四年 二月	理学博士
同 四六年 九月	米国ベル研究所特別研究員
同 五七年 三月	米国コロロンビア大学応用物理学部教授（併任）
平成 三年 九月	スイス国ローザンヌ工科大学客員教授
同 一〇年 四月	大阪大学工学部教授（平成一〇年三月まで）
同 一〇年 四月	NTT先端基礎技術総合研究所コンサルタント
同 一〇年 四月	神戸女子大学講師（併任）
同 一八年 九月	ソリトン通信代表（現在に至る）
同 二〇年 四月	中国浙江大学客座教授（現在に至る）
	大阪大学名誉教授

Ph.D.・理学博士長谷川 晃氏の「ファイ

バー中の光ソリトンの発見とプラズマ乱

流の自己組織化に関する研究」に対する

授賞審査要旨

二〇世紀の数学と理論物理学の大きな成果の一つに非線形連続体中に発生するソリトンと自己組織化現象の発見と解明がある。双方とも現象としては前世紀から知られていたものではあるが、二〇世紀に誕生した大型コンピュータの助けにより始めて其の理論体系が確立したものである。ソリトンは分散性と非線形性を持つ主に一次元波動に見られ、後者は主に二次元の渦流に見られる現象である。従来非線形現象は高調波の発生や乱流の発生等、より乱雑な現象を生むものと考えられていた。しかし、上記の発見は、無限次元空間では非線形性が逆に形の整ったものを生み出すことを示し、従来の常識を覆すものとして注目されている。特にソリトンの発見では、分散性と非線形性を持つハミルトン系の波動が一般にソリトンの集合として記述できる事が証明されたため、線形波動がフリーエモードの集合で記述できるのに似て、ソリトンが非線形媒質中での二〇

世紀のフリーエモードとして理解されるに至っている。一方乱流の自己組織化は主に二次元流体に見られ、二つ以上の保存量を持つ無限次元非ハミルトン系の特徴として一見エントロピーの減少に繋がるように見える事から注目を浴びている。双方とも連続体中の非線形性が形の整ったものを生み出すと言う意味で二〇世紀の大きな発見と言えよう。

長谷川氏の業績の一つのものはこうした連続体の非線形現象の解明に関わるものである。同氏は長年光ファイバーやプラズマ中の電磁波の非線形波動現象の研究に携わり、世界的に良く知られている多くの独創的且つ画期的研究成果をあげている。中でも一・ファイバー中の光情報伝送を記述する基本方程式（非線形シュレディンガー方程式）の導出と光ソリトンの発見、およびこれをを用いた遠距離、超高速光通信の研究、及び、二・プラズマ中の乱流を記述する基本方程式（長谷川―三間方程式）の導出と、これを用いたプラズマ乱流の帯状流（ゾーナルフロー）の発生の解明は光学やプラズマ物理の分野で世界的に最も良く知られているもので、現在の光通信や、核融合プラズマの閉じ込めに関する研究開発に多大な貢献をしている。

光通信関係の研究では、同氏はファイバーを用いた光通信が西澤によって提案された八年後の一九七三年に、光ファイバーの非線形

効果に注目し、ファイバーを用いた超高速、長距離通信においてはファイバーの持つ非線形効果（ファイバーの屈折率が光の強度に応じてごくわずかに増大する *Kerr* 効果と呼ばれる現象）と、当時問題になっていた分散効果（光情報の伝送速度が波長によって異なることによる光情報の劣化）の双方を同時に取り入れた光情報の伝送を表す基礎方程式（非線形シュレディンガー方程式）を導出した。さらに同氏はこの非線形効果と分散効果をうまくバランスさせると、ソリトンと言われる非常に安定な非線形パルスを発生させることが出来ることを示し、ソリトン（後に光ソリトンと呼ばれる）にロシアのレベデフ研究所で開発されたガラスレーザー核融合研究に用いられたエルビウム添加を重ねて用いると長距離にわたり、光情報を劣化させずに伝送できることを理論とシミュレーションを用いて証明した。同氏が *Applied Physics Letters* に *Tappert* 博士と発表したこの論文（論文リスト参照）はファイバーを用いた長距離通信が実用化された一九九〇年に先駆けること一七年も以前のものであり、同氏の導いた非線形シュレディンガー方程式は現在の長距離光通信の設計に関わるシミュレーション用の基本方程式として世界中で広く用いられている。この結果、この論文は光ソリトン通信のみならず全ての超高速通信方式の設計に貢献しており、一〇〇〇件以上の引用文献を生んでいる。同氏の導いた非線形シュレディンガー方程式は

積分可能であることが証明されており、その解は一般にソリトンの集合として表すことが出来る。この結果ソリトンはそうしたハミルトン系の固有の波動現象であり、わざわざ作らなくとも自然に発生することが分かり、同氏が導いたファイバー中の光波の包絡線（情報）がソリトンを作るという事実は、ソリトンを数学的なオブジェクトから実用的なものにした最初の研究成果であるばかりでなく、ファイバー中の光情報は、好むと好まざるに関わらず自然とソリトンの集合となることを示すものである。この意味でも同氏の業績は極めて大きい。同氏は一九七〇年代から現在にかけてソリトンを用いた光通信の分野で全光学的伝送路の提案、ソリトンの伝送制御、分散マネージドソリトンの研究、などで常に世界をリードする研究を行い、英国のランク賞、仏国のダビンチ優秀賞、米国の量子光学賞、日本のC&C賞、総務大臣賞などを受賞している。

プラズマ物理の分野では一九七八年に磁場に閉じ込められた核融合プラズマが常に乱流状態にあることに注目し、この乱流発生を記述する基礎方程式（長谷川—三間方程式）を三間氏と共に導出した（論文リスト参照）。この方程式は磁場中プラズマの振る舞いを記述する基本方程式として七〇〇件以上の引用文献を生み、現在もプラズマ乱流やプラズマの磁場閉じ込めの研究に世界的に広く用いられている。同氏はこの方程式を用い、兎玉氏、若谷氏らとともに、プ

ラズマ乱流が自己組織化してプラズマ中に、木星の大気に見られるような帯状流を発生することを示した(論文リスト参照)。この結果、円筒型のプラズマ装置には常に円周方向の剪断流が発生する事が示され、現在トカマックなどのプラズマ閉じ込め装置の基本的な現象として世界的に認識され、プラズマ核融合の研究に大きく貢献した。この研究に対し、同氏は米国物理学会から日本人でただ一人マックスウェル賞を受賞している。

著書・論文目録

専門著書：

1. A. Hasegawa: "Plasma Instabilities and Nonlinear Effects" 1975 (Springer Verlag)
2. A. Hasegawa: "Optical Solitons in Fibers" 1989, 1990, 2002 (Springer Verlag)
3. 長谷川晃・ツファイバー中の光ソリトン、物理学最前線 Vol. 20, 一九八八年(共立出版)
4. A. Hasegawa and T. Saito: "Space Plasma Physics" 1989 (Springer Verlag)
5. A. Hasegawa and Y. Kodama: "Solitons in Optical Communications" 1995 (Oxford University Press)
6. A. Hasegawa: "One world of Lao Tsu and Modern Physics" 1993 (榮文社)
7. 長谷川晃: 「工学系の電磁気学」一九九五年(岩波書店)
8. A. Hasegawa, Editor, "Physics and Applications of Optical Solitons in Fibers '95" 1996 (Kluwer Acad. Press)
9. A. Hasegawa, Editor, "New Trend in Optical Soliton Transmission Systems" 1998 (Kluwer Acad. Press)
10. A. Hasegawa, Editor, "Massive WDM and TDM Transmission Systems" 2000

(Kluwer Acad. Press)

関係論文目録(全三〇〇件中からの抜粋)

光ソリトン関係

1. A. Hasegawa and F. Tappert, "Transmission of Stationary Nonlinear Optical Pulses in Dispersive Dielectric Fibers I. Anomalous Dispersion", *Appl. Phys. Lett.* **23**, 142-144 (1973).
2. A. Hasegawa and F. Tappert, "Transmission of Stationary Nonlinear Optical Pulses in Dispersive Dielectric Fibers II. Normal Dispersion", *Appl. Phys. Letters* **23**, 171-172 (1973).
3. A. Hasegawa and Y. Kodama, "Signal Transmission by Optical Solitons in Monomode Fiber", *Proc. IEEE* **69**, 1145-1150 (1981).
4. A. Hasegawa, "Amplification and Reshaping of Optical Solitons in a Glass Fiber-IV Use of Stimulated Raman Process", *Optics Lett.* **8**, 650-652 (1983).
5. A. Hasegawa, "Numerical Study of Optical Soliton Transmission Amplified Periodically by The Stimulated Raman Process", *Appl. Optics* **23**, 3302-3309 (1984).
6. K. Tai, A. Hasegawa and A. Tomita, "Observation of Modulational Instability in Optical Fiber", *Phys. Rev. Lett.* **56**, 135-138 (1986).
7. Y. Kodama and A. Hasegawa, "Nonlinear Pulse Propagation in Monomode Dielectric Guide", *IEEE J. Quant. Electr.* **QE-23**, 510-524 (1987).
8. A. Hasegawa and Y. Kodama, "Guiding-Center Soliton", *Phys. Rev. Lett.* **66**, 161-164 (1991).
9. Y. Kodama and A. Hasegawa, "Generation of Asymptotically Stable Optical Solitons and Suppression of the Gordon-Haus Effect", *Opt. Lett.* **17**, 31-33 (1992).
10. H. Toda, H. Yamagishi and A. Hasegawa, "10 GHz optical soliton transmission experiment in a sliding frequency recirculating fiber loop", *Opt. Lett.* **20**, No.9

- (May), 1002-1004 (1995).
11. A. Hasegawa, S. Kumar and Y. Kodama, "Reduction of collision induced jitters in dispersion managed soliton transmission systems", *Opt. Lett.* **21**, No. 1 (January), 39-41 (1996).
 12. S. Kumar and A. Hasegawa, "Quasi-soliton propagation in dispersion managed optical fibers", *Opt. Lett.* **22**, No. 6 (March), 372-374 (1997).
 13. H. Toda, Y. Furukawa, T. Kinoshita, Y. Kodama and A. Hasegawa, "Optical soliton transmission experiment in a comb-like dispersion profiled fiber loop", *IEEE Photon. Technol. Lett.* **9**, No.10 (October), 1415-1417 (1997).
 14. A. Hasegawa and H. Toda, "A feasible all optical soliton based inter-LAN network using time division multiplexing", *IEICE Trans. Commun.* **E81-B**, No.8 (August), 1681-1686 (1998).
 15. A. H. Liang, H. Toda and A. Hasegawa, "High speed soliton transmission in dense periodical fibers", *Opt. Lett.* **24**, No. 12 (June), 799-801 (1999).
 16. H. Toda, Y. Inada, Y. Kodama and A. Hasegawa, "10 Gbit/s Optical Soliton Transmission Experiment in a Comb-Like Dispersion Profiled Fiber Loop", *IEICE Trans. Commun.* **E82-B**, No.9 (September), 1541-1543 (1999).
 17. V. N. Serkin and A. Hasegawa, "Soliton Management in the nonlinear Schrödinger equation model with varying dispersion, nonlinearity and gain", *JETP Letters* **72**, No. 2, 89-92 (2000).
 18. M. Lisak, B. Hall, D. Anderson, R. Fedele, V. E. Semenov, P. K. Shukla and A. Hasegawa, "Nonlinear Dynamics of Partially Incoherent Optical Waves Based on the Wigner Transform Method", *Physica Scripta* **198**, 12-17 (2002).
- フニストイ亜流関染
1. A. Hasegawa and K. Mima, "Pseudo-Three-Dimensional Turbulence in Magnetized Nonuniform Plasma", *Phys.Fluids* **21**, 87-92 (1978).
 2. A.Hasegawa and Y.Kodama, "Spectrum Cascade by Mode Conversion in Drift Wave Turbulence", *Phys.Rev.Lett.* **41**,1470-1473 (1978).
 3. A.Hasegawa, C.G.Maclennan and Y.Kodama, "Nonlinear Dynamics and Turbulent spectrum of Drift Wave and Rossby Wave", *Phys.Fluids* **22**, 2122-2129 (1979).
 4. A.Hasegawa, "Self-Organization of Turbulence", *Proc.Phys.Soc. Japan* **36**, 684-685 (1981).
 5. A.Hasegawa, "A Test of Self-Organization Hypothesis in Jovian and Saturnian Wind Systems", *J.Phys.Soc.Japan* **52**, 1930-1934 (1983).
 6. A.Hasegawa and M.Wakatani, "Finite Larmor Radius Magnetohydrodynamic Equations for Microturbulence", *Phys.Fluids* **26**, 2770-2772 (1983).
 7. M.Wakatani and A. Hasegawa, "A Collisional Drift Wave Description of Plasma Edge Turbulence", *Phys.Fluids* **27**, 611-618 (1984).
 8. A.Hasegawa, "Self-Organization Processes in Continuous Media", *Advances in Physics*, **34**, 1-42 (1985).
 9. A.Hasegawa and M.Wakatani, "Self-Organization of Electrostatic Turbulence in a Cylindrical Plasma", *Phys. Rev. Lett.* **59**, No.14 (October), 1581-1584 (1987).
 10. V.Naulin, K. H. Spatcheck and A. Hasegawa, "Selective Decay within a One-Field Model of Dissipative Drift-Wave Turbulence", *Phys. Fluids* **B4**, 2672-2674 (1992).
 11. Z. Yoshida and A. Hasegawa, "Natural Mechanisms of self Organization", *J. IEE Japan (in Japanese)* **113**, 33-39 (1993).
 12. W. Horton and A. Hasegawa, "Quasi-Two-Dimensional Dynamics of Plasmas and Fluids", *Chaos* **4**, No.2(February), 227-251 (1984).
 13. A. Hasegawa and P. K. Shukla, "Dust vortex modes in a nonuniform dusty plasma", *Phys. Lett. A* **332**, 82-85 (2004).