

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24657074

研究課題名(和文) 高分子量蛋白質の新規NMR構造解析法の開発とフロリゲン受容体への応用

研究課題名(英文) New NMR methods developed for structure determination of large proteins

研究代表者

児嶋 長次郎 (Kojima, Chojiro)

大阪大学・たんぱく質研究所・准教授

研究者番号：50333563

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：溶液NMRによる蛋白質の立体構造解析には分子量上限が存在し、分子量10万以上の蛋白質で構造決定に成功した例は無い。そこで本研究では分子量10万以上の蛋白質の立体構造解析を目指した新規NMR構造解析法を開発した。具体的には、高感度 ^{13}C 直接観測法の開発を行い、固体NMRで成功している ^{13}C 帰属法、 ^{13}C の核間距離情報取得法、構造計算法を溶液NMRで用いることで新たな高分子量蛋白質の立体構造解析法を開発し、これらを分子量5万のフロリゲン(花成ホルモン)受容体に適用した。

研究成果の概要(英文)：NMR structure can be determined for proteins with molecular weight less than 50 kDa, however, no structure for beyond 100 kDa. In this research, we have developed a new NMR method to analyze very large proteins. This method consists of sensitivity enhancement of ^{13}C direct detection, and ^{13}C assignment and analysis procedures employed for solid state NMR. These methods were applied to florigen receptor with molecular mass beyond 50 kDa.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生物科学・構造生物化学

キーワード：NMR 構造生物学 フロリゲン

1. 研究開始当初の背景

溶液 NMR 測定では感度の高さから ^1H が用いられるが、分子量 10 万を超える高分子量蛋白質では速い磁気緩和によって ^1H 観測が困難となる。 ^1H 観測が困難な系においては緩和の遅い ^{13}C が有効で、高分子量蛋白質についても ^{13}C 直接観測が有効であることは良く知られている (Bermel *et al.* *Concepts in Magnetic Resonance* 2008)。しかし ^{13}C 直接観測は ^1H に比べて 30 倍以上低感度であり、今まで使われてこなかった。平成 22 年に導入された蛋白質研究所の 950 MHz NMR 装置は世界最高感度を持ち、 ^{13}C 直接観測による ^{13}C - ^{13}C 2 次元スペクトルが 5 分で測定できる。また連携研究者の藤原らは ^{13}C の感度を 600 倍向上させる DNP 装置の開発に成功している。さらに藤原らが開発している固体 NMR による蛋白質の立体構造解析法では、広い線幅や激しい信号の重なりなどの高分子量蛋白質と同じ問題を持ちながら、 ^{13}C の情報だけから計算機を駆使して立体構造の構築に成功している。そこで、世界最高性能の NMR 装置で ^{13}C 直接観測の感度向上法を開発し、溶液 NMR で測定した高分解能スペクトルに対して低分解能スペクトルの解析が可能な固体 NMR の構造解析技術を用いることで、高分子量蛋白質の NMR 構造解析を実現することを着想した。

2. 研究の目的

溶液 NMR による蛋白質の立体構造解析には分子量上限が存在し、分子量 10 万以上の蛋白質で構造決定に成功した例は無い。そこで本研究では分子量 10 万以上の蛋白質の立体構造決定を可能にする新規 NMR 構造解析法を開発する。具体的には、高感度 ^{13}C 直接観測法を開発を行い、固体 NMR で成功している ^{13}C 帰属法、 ^{13}C の核間距離情報取得法、構造計算法を溶液 NMR で用いることで新たな高分子量蛋白質の立体構造解析法を開発し、分子量 5 万のフロリゲン(花成ホルモン)受容体に適用する。最終的には分子量 10 万のフロリゲン受容体複合体の構造決定を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、高感度 ^{13}C 直接観測法、 ^{13}C 帰属法、 ^{13}C の核間距離情報取得法、 ^{13}C 直接観測による構造計算法を開発する。これらを分子量 5 万のフロリゲン受容体に適用し、最終的に分子量 10 万のフロリゲン受容体複合体の立体構造解析を試みる。

4. 研究成果

平成 24 年度は、(1)高感度 ^{13}C 直接観測法の開発と、(2) ^{13}C 帰属法、 ^{13}C の核間距離情報取得法、構造計算法の開発を行い、(3)フロリゲン受容体の構造解析に取り組んだ。

平成 25 年度は平成 24 年度に引続き技術開発とフロリゲン受容体の構造解析に関する、(1)高感度 ^{13}C 直接観測法の開発、(2) ^{13}C 帰属法、 ^{13}C の核間距離情報取得法、構造計算法の開発、(3)フロリゲン受容体の構造解析を進め、(4)抑制型フロリゲン受容体複合体の立体構造解析に取り組んだ。

(1) 高感度 ^{13}C 直接観測法の開発

研究代表者らは、本研究において、固体 NMR で提案された 1 回の測定で 2 回データを取り込む Double-acquisition 法と呼ばれる概念 (Fukuchi *et al.* *J Magn Reson* 2008) を一般化し、溶液固体を問わず、ほぼ全ての多次元 NMR 測定において信号強度を 2 ~ 4 倍増強させる手法の開発に成功した。また、これを ^{13}C 直接観測と組み合わせ、信号強度を 2 ~ 4 倍に増強することにも成功した。例えば、 ^{13}C 直接観測技術の 1 つである CACO 法においては約 2 倍の信号強度の増強に成功した。この手法は縦緩和時間が長いほど感度が上昇する方法であるため、高磁場で分子量が大きいほど有効である。すなわち研究代表者らが開発している一般化 Double-acquisition 法は高磁場下での高分子量蛋白質の ^{13}C 直接観測の感度向上法として理想的である。そこで、蛋白質研究所の 950 MHz NMR 装置で高分子量蛋白質の構造解析のための各種多次元 Double-acquisition ^{13}C 直接観測パルス列を作成した。具体的には、CACO、COCA、CON、 ^{13}C - ^{13}C TOCSY、 ^{13}C - ^{13}C NOESY、3D CANCO、3D CBCACO などを作成した。3 次元パルス列に関しては、研究代表者らが得意とする非線形サンプリング法を組み合わせることで、単位時間当りの高感度化を実現した。

(2) ^{13}C 帰属法、 ^{13}C の核間距離情報取得法、構造計算法の開発

蛋白質研究所の 950 MHz NMR 装置を用いて (1)で開発した各種 Double-acquisition ^{13}C 直接観測法を測定し、蛋白質の主鎖及び側鎖の ^{13}C の帰属を試みたが、部分的な帰属に留まっている。 ^{13}C の核間距離は固体 NMR で標準的に用いられている ^1H 核間の双極子相互作用を介した ^{13}C - ^{13}C 相関法から得ることを試みたが、定量性に問題があることが分かり、その解決策の検討を進めた。立体構造解析では残余双極子相互作用(RDC)、常磁性緩和効果(PRE)、 ^{13}C 化学シフト値などを用い、連携研究者の藤原らが開発した固体 NMR の構造解析法として成功を収めつつあるレプリカ交換分子動力学法で計算した立体構造アンサンブルから実験条件を満足する構造を選択する手法 (Ikeda *et al.* *J Phys Chem* 2011) を溶液 NMR 用に改変して用いる準備を進めた。

(3) フロリゲン受容体の構造解析

(2)の¹³C直接観測による構造解析法を用い、フロリゲン受容体の立体構造解析に取り組んだ。¹³C直接観測は¹Hと比較すると化学交換や緩和による信号の消失が起こりにくいものの、分子量5万のフロリゲン受容体では線幅の広がりや信号の重なりで解析が順調に進まなかった。しかし、受容体については重水素化することで、良好な¹H-¹⁵N TROSY HSQC スペクトルが得られたため、TROSY法をベースとした帰属のための三重共鳴実験を行い、帰属を進め、部分的な帰属に成功した。

(4) 抑制型フロリゲン受容体複合体の立体構造解析

活性型フロリゲン受容体複合体では結晶が得られたが、抑制型フロリゲン受容体複合体では結晶が得られていない。このため分子量10万の抑制型フロリゲン受容体複合体のNMR構造の決定は機能解析に必須である。まず抑制型フロリゲン受容体複合体の構成因子(抑制型フロリゲン、受容体、転写因子)の中で、抑制型フロリゲンと転写因子についてはすでに良好な¹H-¹⁵N HSQC スペクトルが得られているため、溶液NMRの常法によって構造解析に取り組んだ。また、構成因子を個別に安定同位体標識し、複合体形成による立体構造変化とNMR滴定実験による結合部位の決定を進めた。その結果、受容体における活性型フロリゲンと抑制型フロリゲンの結合部位が同じであること、結合が競合することなどが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 18 件)

(1) Kyoko Furuita, Shunpei Murata, JunGoo Jee, Satoshi Ichikawa, Akira Matsuda and *Chojiro Kojima. Structural feature of bent DNA recognized by HMGB1. *J. Am. Chem. Soc.*, 133, 5788-5790 (2011). 査読有

(2) *Yuki Sudo, Rikou Tanaka, Toshitatsu Kobayashi, Naoki Kamo, Toshiyuki Kohno and *Chojiro Kojima. Functional expression of a two-transmembrane HtrII protein using cell-free synthesis. *Biophysics*, 7, 51-58 (2011). 査読有

(3) Ken-ichiro Taoka, Izuru Ohki, Hiroyuki Tsuji, Kyoko Furuita, Kokoro Hayashi, Tomoko Yanase, Midori Yamaguchi, Chika Nakashima, Yekti Asih Purwestri, Shojiro Tamaki, Yuka Ogaki, Chihiro Shimada, Atsushi Nakagawa, *Chojiro Kojima and *Ko Shimamoto. 14-3-3 proteins act as intracellular receptors for rice Hd3a florigen.

Nature, 476, 332-335 (2011). 査読有

(4) Ikumi Kawahara, *Kaichiro Haruta, Yuta Ashihara, Daichi Yamanaka, Mituhiro Kuriyama, Naoko Toki, Yoshinori Kondo, Kenta Teruya, Junya Ishikawa, Hiroyuki Furuta, Yoshiya Ikawa, Chojiro Kojima and *Yoshiyuki Tanaka. Site-specific isotope labeling of long RNA for structural and mechanistic studies. *Nucleic Acids Res*, 40, e7 (2012). 査読有

(5) Kumiko Kawasaki, Momoko Yoneyama, Naoko Murata-Kamiya, Hideyoshi Harashima, Chojiro Kojima, Yutaka Ito, Hiroyuki Kamiya and *Masaki Mishima. ¹H, ¹³C and ¹⁵N NMR assignments of the *Escherichia coli* Orf135 protein. *Biomol NMR Assign*, 6, 1-4 (2012). 査読有

(6) Kumiko Kawasaki, Tepei Kanaba, Momoko Yoneyama, Naoko Murata-Kamiya, Chojiro Kojima, Yutaka Ito, Hiroyuki Kamiya and *Masaki Mishima. Insights into substrate recognition by the *Escherichia coli* Orf135 protein through its solution structure. *Biochem Biophys Res Commun*, 420, 263-268 (2012). 査読有

(7) Ken-ichiro Taoka, Izuru Ohki, Hiroyuki Tsuji, Chojiro Kojima and Ko Shimamoto. Discovery of Flowering Hormone (Florigen) Receptor and Its Crystal Structure. *Photon Factory Activity Report*, Part A "Highlights and Facility Report", 44-45 (2012). **Review**. 査読無

(8) Izuru Ohki, Ko Shimamoto and Chojiro Kojima. Structure of florigen activation complex. *SPring-8 Research Frontiers 2011*, 30-31 (2012). **Review**. 査読無

(9) 田岡健一郎・大木出・辻寛之・児嶋長次郎・島本功 「フロリゲン(花成ホルモン)の細胞内受容体の発見」 *SPring-8 利用者情報*, 17, 3-8 (2012). 査読無

(10) 田岡健一郎・大木出・辻寛之・児嶋長次郎・島本功 「花成ホルモンーフロリゲンーとその受容体の構造解析からみえてきたフロリゲン機能の分子基盤」 *化学と生物*, 50, 654-659 (2012). 査読無

(11) Yoshikazu Hattori, Kyoko Furuita, Izuru Ohki*, Takahisa Ikegami, Harumi Fukada, Masahiro Shirakawa, Toshimichi Fujiwara and Chojiro Kojima*. Utilization of lysine ¹³C-methylation NMR for protein-protein interaction studies. *J. Biomol. NMR*, 55, 19-31 (2013). 査読有

(12) Rei Abe-Yoshizumi, Shiori Kobayashi,

Mizuki Gohara, Kokoro Hayashi, Chojiro Kojima, Seiji Kojima, Yuki Sudo, Yasuo Asami and Michio Homma*. Expression, purification and biochemical characterization of the cytoplasmic loop of PomA, a stator component of the Na⁺ driven flagellar motor. *Biophysics*, 9, 21-29 (2013). 査読有

(13) Jakub Šebera, Jaroslav Burda, Michal Straka, Akira Ono, Chojiro Kojima, Yoshiyuki Tanaka, and Vladimír Sychrovský*. Formation of the T-Hg^{II}-T Metal-Mediated DNA Base Pair; Proposal and Theoretical Calculation of the Reaction Pathway. *Chem.-Eur. J.*, 19, 9884-9894 (2013). 査読有

(14) Ken-ichiro Taoka, Izuru Ohki, Hiroyuki Tsuji, Chojiro Kojima and Ko Shimamoto. Structure and function of florigen and the receptor complex. *Trends Plant Sci.*, 18, 287-294 (2013). **Review.** 査読有

(15) 古板恭子・服部良一・兎嶋長次郎 「NMR 滴定実験と蛋白質の化学修飾」 *NMR*, 4, 93-98 (2013). 査読無

(16) Ken-ichi Kosami, Izuru Ohki*, Kokoro Hayashi, Ryo Tabata, Sayaka Usugi, Tsutomu Kawasaki, Toshimichi Fujiwara, Atsushi Nakagawa, Ko Shimamoto, and Chojiro Kojima*. Purification, crystallization and preliminary X-ray crystallographic analysis of a rice Rac/Rop GTPase, OsRac1. *Acta Cryst.* F70, 113-115 (2014). 査読有

(17) Hiroshi Yamaguchi, Jakub Šebera, Jiro Kondo, Shuji Oda, Tomoyuki Komuro, Takuya Kawamura, Takenori Dairaku, Yoshinori Kondo, Itaru Okamoto, Akira Ono, Jaroslav V. Burda, Chojiro Kojima, Vladimír Sychrovský*, and Yoshiyuki Tanaka*. The structure of metallo-DNA with consecutive T-Hg^{II}-T base-pairs explains positive entropy for the metallo-base-pair formation. *Nucleic Acids Res.*, 42, 4094-4099 (2014). 査読有

(18) Saori Kataoka, Kyoko Furuita*, Yoshikazu Hattori, Naohiro Kobayashi, Takahisa Ikegami, Kazuhiro Shiozaki, Toshimichi Fujiwara and Chojiro Kojima*. ¹H, ¹⁵N and ¹³C resonance assignments of the conserved region in the middle domain of *S. pombe* Sin1 protein. *Biomol NMR Assign*, in press. 査読有

〔学会発表〕(計 63 件)

(1) 服部良一、大木出、古板恭子、池上貴久、深田はるみ、白川昌宏、藤原敏道、兎嶋長次郎 「リジン側鎖を介した塩橋の NMR 検出」

第 11 回蛋白質科学会年会、ホテル阪急エキスポパーク、吹田、2011 年 6 月 7-9 日

(2) 大木出、古板恭子、林こころ、田岡健一郎、辻寛之、中川敦史、島本功、兎嶋長次郎 「植物花成ホルモンフロリゲンによる花成誘導メカニズムの分子基盤」、第 11 回蛋白質科学会年会、ホテル阪急エキスポパーク、吹田、2011 年 6 月 7-9 日

(3) 兎嶋長次郎 「高磁場 NMR の光と影」、第 12 回若手 NMR 研究会「アミロイドの NMR 解析」、琵琶湖リゾートクラブ、守山、2011 年 6 月 23-25 日

(4) 兎嶋長次郎 「超高磁場 NMR のための高精度測定技術」、大阪大学蛋白質研究所セミナー「先端的 NMR 拠点から生まれる新たな潮流：最新成果、役割、利用」、大阪大学蛋白質研究所、吹田、2011 年 7 月 28-29 日

(5) 辻寛之、田岡健一郎、大木出、兎嶋長次郎、島本功 「Hd3a-14-3-3-OsFD1 からなる複合体 Florigen Activation Complex の機能解析」、日本育種学会第 120 回講演会、福井県立大学、永平寺、2011 年 9 月 23-24 日

(6) Kyoko Furuita, Yoshikazu Hattori, Takahisa Ikegami, Toshimichi Fujiwara, Chojiro Kojima "A novel sensitivity enhancement technique for solution NMR utilizing long longitudinal relaxation time", The 50th Memorial Annual Meeting of the Nuclear Magnetic Resonance Society of Japan, November 15-18, 2011, Osanbashi Hall, Yokohama, Japan

(7) Yoshikazu Hattori, Izuru Ohki, Kyoko Furuita, Takahisa Ikegami, Harumi Fukada, Masahiro Shirakawa, Kei-ichi Yokoyama, Ei-ichiro Suzuki, Toshimichi Fujiwara, Chojiro Kojima "Protein Modification Method for Studying Protein-Protein Interaction by NMR", The 50th Memorial Annual Meeting of the Nuclear Magnetic Resonance Society of Japan, November 15-18, 2011, Osanbashi Hall, Yokohama, Japan

(8) Naohiro Kobayashi, Takeshi Iwata, Yoko Harano, Chojiro Kojima, Haruki Nakamura, Toshimichi Fujiwara "New server systems based on virtual computing for the database BMRB and MagRO-Tools for NMR analysis", The 50th Memorial Annual Meeting of the Nuclear Magnetic Resonance Society of Japan, November 15-18, 2011, Osanbashi Hall, Yokohama, Japan

(9) Kyoko Furuita, Yoshikazu Hattori, Takahisa Ikegami, Toshimichi Fujiwara, Chojiro Kojima "A new NMR sensitivity enhancement technique using long relaxation time", The Annual Meeting of the Spectroscopical Society of Japan,

November 30-December 2, 2011, RIKEN
Yokohama Institute Main Office Building Hall,
Yokohama, Japan

(10) 大木出、古板恭子、林こころ、田岡健一
郎、辻寛之、中川敦史、島本功、児嶋長次郎
「植物花成ホルモン(フロリゲン)受容体による
新たな花成誘導機構の分子基盤」、第3
4回日本分子生物学会年会、パシフィコ横浜、
2011年12月13-16日

(11) 児嶋長次郎「構造生物学のパラダイムシ
フト-花成ホルモン受容体の発見を例に-」
第29回PFシンポジウム、つくば国際会議
場、つくば、2012年3月15-16日

(12) Chojiro Kojima "Discovery of flowering
hormone receptor by NMR", 9th Japan-Korea
Bilateral Symposium on Biological NMR, March
16, 2012, Hokkaido University Conference Hall,
Sapporo, Japan

(13) Chojiro Kojima "Structure-based discovery
of flowering hormone receptor", 10th Discussions
in Structural Molecular Biology, March 22-24,
2012, Academic and University Center, Nové
Hradý, Czech

(14) 鷲田治彦、辻寛之、田岡健一、児嶋長
次郎、島本功「膜透過ペプチドを利用した植
物へのイネフロリゲン Hd3a タンパク質直接
導入」、日本育種学会第121回講演会、宇都
宮大学、宇都宮、2012年3月29-30日

(15) 児嶋長次郎「花成ホルモン受容体の発見
-立体構造研究の新たな役割-」、第39回
生体分子科学討論会、東北大学・片平さくら
ホール、仙台、2012年6月8-9日

(16) 服部良一、古板恭子、横山敬一、鈴木榮
一郎、藤原敏道、児嶋長次郎「NMR利用の
ためのトランスグルタミナーゼによる蛋白
質修飾技術の開発」、第12回蛋白質科学会
年会、名古屋国際会議場、名古屋、2012年6
月20-22日

(17) Chojiro Kojima "Discovery of flowering
hormone receptor", The 41st Annual Meeting,
International Symposium on the Celebration of
the 20th Anniversary of KMRS, June 28 - July 1,
2012, Jeju Poonglim Resort, Jeju, Korea

(18) 児嶋長次郎「超高磁場溶液 NMR 装置を
用いた蛋白質の高感度測定」、大阪大学蛋白
質研究所セミナー「磁気共鳴の先端計測技術
と生体系への展開」、大阪大学蛋白質研究所、
吹田、2012年7月31日-8月1日

(19) Kyoko Furuita, Yoshikazu Hattori, Takahisa
Ikegami, Toshimichi Fujiwara, Chojiro Kojima

"A novel sensitivity enhancement method for
molecules possessing long longitudinal relaxation
time", XXVth International Conference on
Magnetic Resonance in Biological Systems,
August 19-24, 2012, Lyon Convention Center,
Lyon, France

(20) JunGoo Jee, Yuki Nishigaya, Kyoko Furuita,
Rikou Tanaka, Toshiyuki Kohno, Chojiro Kojima
"Non-Uniform Sampling Applied to
Low-Concentration Protein Sample", XXVth
International Conference on Magnetic Resonance
in Biological Systems, August 19-24, 2012, Lyon
Convention Center, Lyon, France

(21) 児嶋長次郎「あなたも花咲かじいさん
に?放射光で見る花咲かホルモン」、高エネ
ルギー加速器研究機構一般公開、高エネルギー
加速器研究機構、つくば、2012年9月2日

(22) Chojiro Kojima "New sensitivity-
enhancement methods for ultra-high field
solution NMR", The 3rd International Symposium
on Drug Discovery and Design by NMR, October
11-12, 2012, RIKEN Yokohama Institute Main
Lecture Hall, Yokohama, Japan

(23) 服部良一、古板恭子、大木出、池上貴久、
深田はるみ、白川昌宏、藤原敏道、児嶋長次
郎「リジン ¹³C メチル化法のタンパク質・タ
ンパク質相互作用解析への適用」、第51回
NMR 討論会、ウイנקあいち、名古屋、2012
年11月8-10日

(24) 古板恭子、服部良一、池上貴久、藤原敏
道、児嶋長次郎「長い縦緩和時間を利用した
高感度溶液 NMR 測定法の開発と ¹³C 直接観
測への応用」、第51回 NMR 討論会、ウイ
ンクあいち、名古屋、2012年11月8-10日

(25) 小林直宏、児嶋長次郎、藤原敏道「化学
シフトデータベースを利用した高精度な
NMR 構造評価システム」、第51回 NMR 討
論会、ウイנקあいち、名古屋、2012年11
月8-10日

(26) 大木出、服部良一、古板恭子、池上貴久、
深田はるみ、白川昌宏、藤原敏道、児嶋長次
郎「リジンの ¹³C メチル化標識法を使った
NMR による蛋白質間相互作用解析の有効性」、
第35回日本分子生物学会年会、福岡国際会
議場・マリンメッセ福岡、2012年12月11-14
日

(27) 辻寛之、田岡健一、大木出、玉置祥二
郎、中島千佳、中村洋之、稲田のりこ、児嶋
長次郎、島本功「植物花成ホルモン・フロリ
ゲンの受容と機能のメカニズム」、第35回
日本分子生物学会年会、福岡国際会議場・マ
リンメッセ福岡、2012年12月11-14日

(28) 島本功、田岡健一郎、辻寛之、大木出、児嶋長次郎「フロリゲンによる花成の分子機構と花成以外の形態形成制御」、第85回日本生化学会大会、福岡国際会議場・マリメッセ福岡、2012年12月14-16日

(29) 大木出、古板恭子、林こころ、田岡健一郎、辻寛之、中川敦史、島本功、児嶋長次郎「植物花成ホルモン(フロリゲン)受容体による花成誘導機構の分子基盤」、第85回日本生化学会大会、福岡国際会議場・マリメッセ福岡、2012年12月14-16日

(30) 児嶋長次郎「蛋白質と核酸のNMR構造解析」、九州大学先端物質化学研究所セミナー、九州大学、福岡、2013年1月9日

(31) 児嶋長次郎「Double- Acquisition Method and Lysine ¹³C- Methylation NMR」、味の素株式会社イノベーション研究所セミナー、味の素株式会社、川崎、2013年3月19日

(32) 田岡健一郎、寺川千晶、大木出、辻寛之、児嶋長次郎、島本功「イネ TFL1 ホモログ RCN による花成抑制の分子機構の解析」、第54回日本植物生理学会年会、岡山大学、岡山、2013年3月21-23日

(33) 服部良一、山崎俊栄、片岡沙織、古板恭子、山田健一、藤原敏道、児嶋長次郎「還元耐性ニトロキシラジカルを用いた蛋白質のスピンラベル」、第13回蛋白質科学学会年会、とりぎん文化会館、鳥取、2013年6月12-14日

(34) 児嶋長次郎「パルスシーケンスを読むためのNMR入門」、第14回若手NMR研究会、京都トラベラーズ・イン、京都、2013年6月28-30日

(35) Chojiro Kojima "Sensitivity-enhanced protein NMR techniques developed for ultra-high field NMR", The 4th Symposium on Structure and Folding of Disease Related Proteins, July 5, 2013, Seoul National University, Seoul, Korea

(36) 児嶋長次郎「先端的NMR施設における試料調製とNMR計測」、大阪大学蛋白質研究所セミナー「世界をリードするNMRとその科学技術・社会へのインパクト」、千里ライフサイエンスセンター、豊中、2013年8月5-6日

(37) 児嶋長次郎「蛋白研での先端核磁気共鳴装置群利用プログラム」、よこはまNMR構造生物学研究会セミナー「NMR共用プラットフォーム」、理化学研究所横浜事業所交流棟ホール、横浜、2013年9月9日

(38) 児嶋長次郎「構造生命科学 -立体構造情報を生命現象の解明に活かすには-」、法政大学生命科学部生命機能学科セミナー、法政大学、小金井、2013年9月17日

その他 25 件

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

児嶋 長次郎 (KOJIMA, Chojiro)
大阪大学・蛋白質研究所・准教授
研究者番号：50333563

(3) 連携研究者

藤原 敏道 (FUJIWARA, Toshimichi)
大阪大学・蛋白質研究所・教授
研究者番号：20242381

松木 陽 (MATSUKI, Yoh)
大阪大学・蛋白質研究所・助教
研究者番号：70551498

大木 出 (OHKI, Izuru)
奈良先端科学技術大学院大学・バイオサイエンス研究科・助教
研究者番号：80418574