

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：82401

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05959

研究課題名（和文）寄生植物による維管束情報ハイジャック機構の解明

研究課題名（英文）Elucidation of the information hijacking mechanism of the vascular bundle of parasitic plants

研究代表者

白須 賢（Ken, Shirasu）

国立研究開発法人理化学研究所・環境資源科学研究センター・グループディレクター

研究者番号：20425630

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 70,850,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、宿主植物とそれを襲う寄生植物のインターフェイスである吸器の機能を分子レベルで解明し、両植物における情報交換、統御、判断、出力の総合的理解を目的とした。寄生植物であるストライガは主要な穀物の根に寄生し甚大な被害を出している。ストライガや他寄生植物のゲノム・トランスクリプトーム解析を行った他、同じハマウツボ科の半寄生植物であるコシオガマを用いるモデル実験系を立ち上げ、ゲノムシーケンシングおよび変異ラインの整備を完了し、さらに、根の形質転換系を確立し、寄生に重要な遺伝子、受容体を同定した他、植物間のホルモンの移動を発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物間の情報交換というユニークな系を用いて、維管束において移動する情報とその統御、判断、出力の分子実体に迫った。また、ハマウツボ科植物は特にアフリカで大きな被害を出していることから、寄生の分子機構を解明することで、新規の耐病戦略を構築することが可能になった。

研究成果の概要（英文）：In this study, the function of the haustorium, which is the interface between the host plant and the parasitic plant, is studied at the molecular level. The purpose of this study was to elucidate the information exchange, control, decision making and output in both plants. Striga, a parasitic plant, parasitizes the roots of major cereals and causes extensive damage. In addition to the genome transcriptome analysis of Striga and other parasitic plants, we also conducted a genome transcriptome analysis. We have established an experimental model system using the parasitic plant, *P. japonicum*. We also have completed its genome sequencing and established a root transformation system, which allowed us to identify genes and receptors important for parasitism, and to discover the movement of hormones between plants.

研究分野：植物生理学

キーワード：植物 病害抵抗性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

寄生植物とは、他の植物に侵入し、水分や栄養を獲得して成長する植物である。このユニークな生存戦略を擁する植物への進化は、独立して 12 回以上おこっており、現在、約 4000 種以上の植物種が知られている。この植物種に共通している現象は、根や茎などの既存の組織から、吸器と呼ばれる特異的な組織を細分化させ、宿主植物に侵入し、維管束を結合することである。吸器は宿主植物とのインターフェースとなっており、宿主の水分、栄養獲得のために必要であることはもとより、植物間情報交換の場となっているはずであるが、その発生機構、免疫抑制機構、シグナル交換の実態等の分子機構は全くわかっていない。

2. 研究の目的

本研究では、特に宿主植物とそれを襲う寄生植物のインターフェイスである吸器の機能を分子レベルで解明し、両植物における情報交換、統御、判断、出力の総合的理解を目的とする。

3. 研究の方法

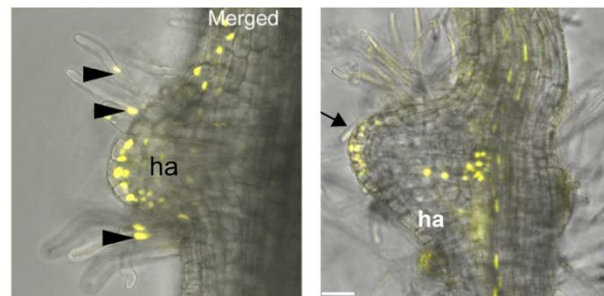
本研究課題では半寄生植物コシオガマと宿主植物のシロイヌナズナおよび、寄生植物ストライガと宿主植物イネを用いて、寄生成立そしてその維持の分子機構を解明し、どのように他者の情報を自らの情報と区別し、統御、判断、出力していくのかを総合的に理解する。具体的には 1) 吸器の形成に必要な遺伝子の同定と機能解明 2) 吸器を介したシグナル伝達の機構の解明 3) 吸器を介した遺伝的情報の移動の解明を目指す。このために、デノボゲノム解析の他、吸器およびそれに接する宿主細胞の時空間特異的発現遺伝子を RNA-seq 法を用いて、ゲノムワイドに同定する。タグ等を用いて、これらの遺伝子がコードするタンパク質の時空間的発現解析をおこなって感染あるいは免疫反応特異的なタンパク質を同定する。さらに *Agrobacterium rhizogenes* を用いた簡易形質転換 KO 法をもちいて宿主植物および寄生植物において遺伝子機能解析をおこなう。同様に、ホルモンなどの低分子化合物などの植物間の移動を解析し、その機能を検証する。

4. 研究成果

(1) 吸器の形成に必要な遺伝子の同定と機能解明

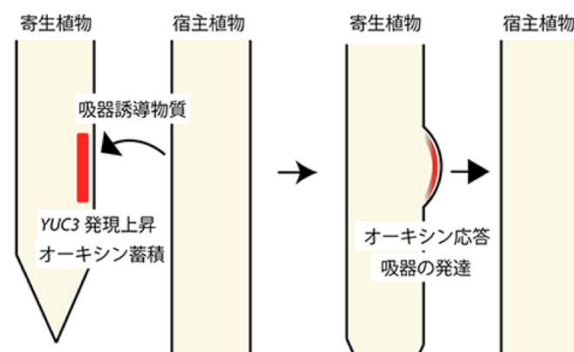
吸器の発生に関わる遺伝子を探すために、ストライガと同じハマウツボ科に属するコシオガマという日本に自生する寄生植物を、モデル植物として確立し、次世代シーケンサーを用いた網羅的な解析から、吸器発生初期に発現が変動する遺伝子を多数同定した。同定された遺伝子群の中に、植物ホルモンの一種であるオーキシンの関連遺伝子が多数見出されたことに着目し、オーキシン生合成の鍵酵素 YUCCA をコードする「YUC3 遺伝子」の解析を進めた。まず、YUC3 の発現は吸器発生部位の表皮で特異的に上昇すること、そして、YUC3 の発現の上昇に伴い、内生のオーキシン量が上昇することが明らかとなった。また、吸器発生過程でのオーキシン応答部位を解析すると、発生初期で YUC3 の発現パターンと重なることが明らかとなった。YUC3 の発現を減少させると、形成される吸器の数が減少し、反対に、YUC3 の発現を表皮で特異的に誘導すると、吸器様の構造を形成する様子が観察された。以上の結果から、YUC3 を介した吸器発生部位での局所的なオーキシンの生合成が、吸器発生において重要な過程であることが明らかになった。

オーキシン移動の極性に関しては、吸器での発現を確認したオーキシントランスポーターである PIN と LAX タンパク質の細胞内局在を可視化することによって、吸器発生においてオーキシンの局所的蓄積が重要な役割をすることを明らかにした。本研究から、寄生への最初のステップである吸器の発生メカニズムの一端がみえてきた。(Ishida and Wakatake et al Plant Cell 2016, Wakatke Development, 2018 等)



YUC3 の発現パターン

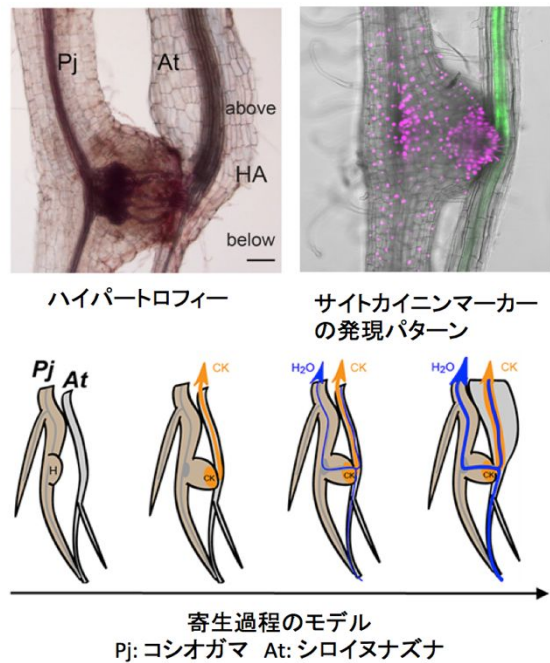
オーキシンマーカ-
の発現パターン



(2) 吸器を介したシグナル伝達の機構の解明

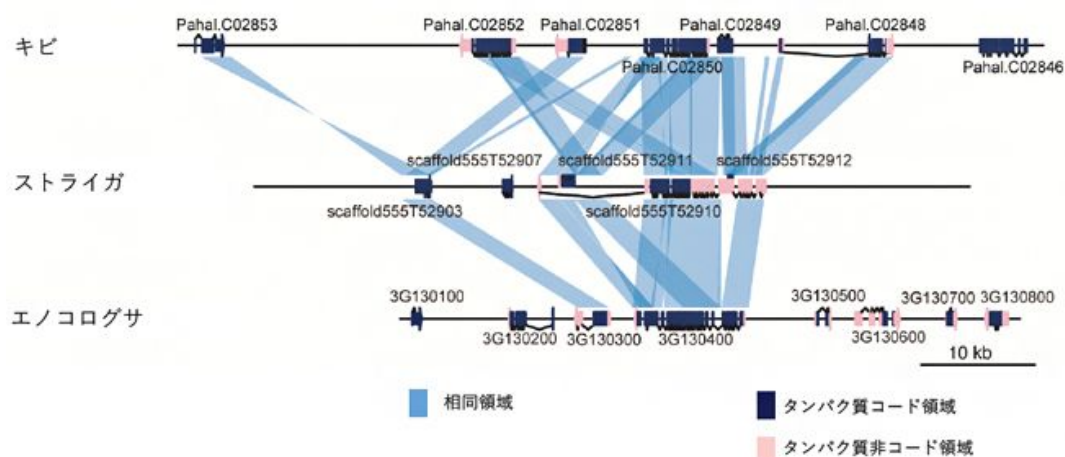
寄生植物は吸器を介して宿主組織に侵入、維管束を連結することで宿主との連絡を確立し、水や栄養を宿主から奪うが、同時にさまざまな RNA やタンパク質などの物質が寄生植物から宿主へと移動していることが知られている。しかし、こういった寄生植物から宿主へと移動する物質

がもつ役割は明らかになっていなかった。我々は、寄生植物に寄生された宿主の組織が異常な二次成長(hypertrophy: ハイパートロフィー)をすることに着目し研究を進めた。二次成長は植物ホルモンのサイトカイニンによって促進されることが知られていることから、サイトカイニン応答を蛍光タンパク質レポーターで可視化したところ、寄生成立とほぼ同じタイミングで、寄生植物と宿主の双方でサイトカイニン応答が観察された。サイトカイニンについてさらに研究を進めた結果、寄生植物が生合成したサイトカイニンが宿主植物へと移動し、宿主植物がそれを受容することでハイパートロフィーが引き起こされることが明らかとなった。また、ハイパートロフィーがより効率的な寄生に貢献していることが証明された。本成果は寄生植物から宿主植物に移動する物質の役割を明らかにした初めての例となった。(Spallek et al PNAS 2017)



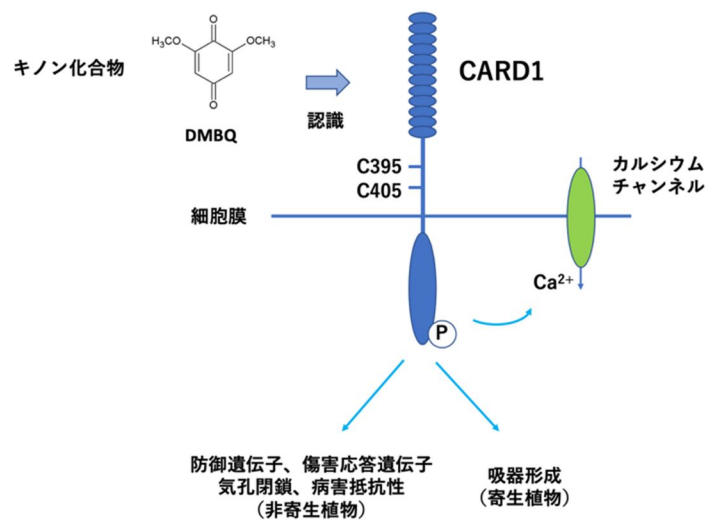
(3)寄生植物ストライガゲノムの解読

寄生植物ストライガのゲノムを世界に先駆けて解読し、寄生の進化に関する情報を得た。特にストライガの発芽に必要なストリゴラクトン受容体をコードする遺伝子の数が大幅に増えていることから、ストライガが宿主の多様なストリゴラクトンを認識できるように進化していることが明らかになった。また、ストライガのゲノム上に宿主からの伝播した遺伝子が含まれており、中には30kbを超える複数の遺伝子を含む領域が伝播していることから、かなり大きなゲノムDNAの移動があることが明らかになった。また、寄生植物は吸器と呼ばれる侵入器官を形成し、この器官を介して宿主組織に侵入、道管を連結することで宿主との連絡を確立し、この連絡を介して水や栄養を宿主から奪うが、ストライガのトランスクリプトーム解析から、吸器の発生が側根の発生と共通性があることも明らかになった。また、寄生植物コシオガマのゲノム・トランスクリプトーム解析により、吸器の宿主侵入細胞(Intrusive Cell)特異的に発現する遺伝子群を同定した。その中でも SBT 遺伝子群に関しては、そのプロモーターに SBT 阻害タンパク質をコードする遺伝子を発現させると、道管細胞の発生に異常が見られることから、SBT が吸器発生に重要な因子であることが明らかになった。(Yoshida et al Curr Biol, 2019)



(4)寄生植物における吸器誘導因子の認識機構

ストライガなどのハマウツボ科の根寄生植物は、宿主植物の細胞壁由来のキノン化合物を認識することで寄生を開始するが、寄生植物がどうやってキノン化合物を認識するのか、また、非寄生植物がキノン化合物を認識できるのかは不明であった。吸器誘導因子である-2,6-ジメトキシ-1,4-ベンゾキノン(DMBQ)に反応しない11の変異体(card1-1~card1-11)を特定し、全ゲノムシーケンス解析を行い、原因遺伝子「CARD1(cannot respond to DMBQ)」を同定した。CARD1 遺伝子は、新しいロイシリッチリピート受容体様キナーゼ



(LRR-RLK) をコードしており、陸上植物系統全体にわたって高度に保存されていた。非寄生植物シロイヌナズナにおいて、CARD1 遺伝子はほとんどの組織で発現しており、CARD1 タンパク質は細胞膜に局在していた。タンパク質のアミノ酸配列の分析により、CARD1 には細胞外ドメインのC末端に特異的な6個のシステイン(C)残基(C395、C405、C421、C424、C434、C436)が含まれることが明らかになった。これは、CARD1 を含むLRR-RLKサブグループVIII-1でのみ見られました。これらのシステイン残基の重要性を評価するために、各システインを個別にセリン(S)に変異させたところ、CARD1C395SとCARD1C405Sのみが機能できませんでした。したがってC395とC405は、CARD1によるDMBQの認識に重要な役割を果たすと考えられた。また、寄生植物でのDMBQ処理による吸器誘導を阻害するテトラフルオロ-1,4-ベンゾキノン(TFBQ)をシロイヌナズナに処理したところ、DMBQによる細胞内カルシウム濃度の上昇が阻害された。このことから、CARD1において、TFBQはDMBQと同じ結合部位を競争阻害している可能性が示唆された。ハマウツボ科のモデル寄生植物としてコシオガマの根ではCARD1のホモログPjCADL2とPjCADL3は根の表皮のみで発現したのに対し、PjCADL1は根組織内で遍在的に発現していた。コシオガマでもDMBQ処理時に細胞内カルシウム濃度が上昇すること、またMAPK活性化が観察されることを確認した。DMBQ処理時の細胞内カルシウム濃度の上昇は、根先端のわずか上の通常吸器が発生する領域内に見られ、カルシウム濃度やMAPKの阻害剤の実験から、細胞内カルシウム濃度の上昇とタンパク質リン酸化がコシオガマの吸器形成に重要な役割を果たすことが分かった。(Laohavisit, et al, Nature, 2020)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計49件（うち査読付論文 47件 / うち国際共著 25件 / うちオープンアクセス 32件）

1. 著者名 Goto, Y., Maki, N., Ichihashi, Y., Kitazawa, D., Igarashi, D., Kadota, Y., Shirasu, K.	4. 巻 33
2. 論文標題 Exogenous treatment with glutamate induces immune responses in Arabidopsis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MPMI	6. 最初と最後の頁 474-487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1094/MPMI-09-19-0262-R	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ogawa, S., Wakatake, T., Spallek, T., Ishida, J, K., Sano, R., Kurata, T., Demura, T., Yoshida, S., Ichihashi, Y., Schaller, A., Shirasu, K.	4. 巻 -
2. 論文標題 Subtilase activity in the intrusive cells mediates haustorium maturation in parasitic plants	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 bioRxiv	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1101/2020.03.30.015149	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Kurotani, K.-I., Wakatake, T., Ichihashi, Y., Okayasu, K., Sawai, Y., Ogawa, S., Suzuki, T., Shirasu, K., Notaguch, M	4. 巻 -
2. 論文標題 Host-parasite tissue adhesion by a secreted type of -1,4-glucanase in the parasitic plant <i>Phtheirospermum japonicum</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 bioRxiv.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1101/2020.03.29.014886	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yoshida, S. et al.	4. 巻 29
2. 論文標題 Genome sequence of <i>Striga asiatica</i> provides insight into the evolution of plant parasitism	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Curr. Biol.	6. 最初と最後の頁 3041-3052.E4.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.07.086	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Mutuku, J.M. and Shirasu, K.	4. 巻 20
2. 論文標題 Striga	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Curr. Biol.	6. 最初と最後の頁 R1064-R1065
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.06.075	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Wakatake, T., Yoshida, S. and Shirasu, K.	4. 巻 -
2. 論文標題 Auxin transport network underlies xylem bridge formation between the hemi-parasitic plant <i>Phtheirospermum japonicum</i> and host <i>Arabidopsis</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 bioRxiv.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1101/2019.12.26.889097	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takagi, M., Hamano, K., Takagi, H., Morimoto, T., Akimitsu, K., Terauchi, R., Shirasu, K., Ichimura, K.	4. 巻 60
2. 論文標題 Disruption of the MAMP-induced MEKK1-MKK1/MKK2-MPK4 pathway activates the TNL immune receptor SMN1/RPS6	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Cell Physiol.	6. 最初と最後の頁 778-787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1093/pcp/pcy243	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gan P., Tsushima A., Hiroshima R., Narusaka M., Takano, Y., Narusaka Y., Kawaradani M., Damm U. and Shirasu K.	4. 巻 9
2. 論文標題 Colletotrichum shisoi sp. nov., an anthracnose pathogen of <i>Perilla frutescens</i> in Japan: molecular phylogenetic, morphological and genomic evidence	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sci. Rep.	6. 最初と最後の頁 13349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1038/s41598-019-50076-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Vong, K., Eda, S., Kadota, Y., Nasibullin, I., Wakatake, T., Ykoshima, S., Shirasu, K., Tanaka, K.	4. 巻 10
2. 論文標題 An artificial metalloenzyme biosensor can detect ethylene gas in fruits and Arabidopsis leaves.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Comm.	6. 最初と最後の頁 5746
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1038/s41467-019-1375	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Wu, J., Ichihashi, Y., Suzuki, T., Shibata, A., Shirasu, K., Yamaguchi, N., Ito, T.	4. 巻 442
2. 論文標題 Abscisic acid dependent histone demethylation during postgermination growth arrest in Arabidopsis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Cell Environ	6. 最初と最後の頁 2198-2214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1111/pce.13547	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Lee, H. Z., Tatsumi, Y., Ichihashi, Y., Suzuki, T., Shibata, A., Shirasu, K., Yamaguchi, N., Ito, T.	4. 巻 7
2. 論文標題 CRABS CLAW and SUPERMAN coordinate hormone-, stress- and metabolic-related gene expression during Arabidopsis stamen development	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Front Plant Sci.	6. 最初と最後の頁 437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00437	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sato, K., Kadota, Y., Shirasu, K.	4. 巻 10
2. 論文標題 Plant immune responses to plant parasitic nematodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Front Plant Sci.	6. 最初と最後の頁 1165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01165	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Goyet, V., Wada, S., Wakatake, T., Cui, S., Shirasu, K., Montiel, G., Simier, P., Yoshida, S.	4. 巻 10
2. 論文標題 Haustorium inducing factors for parasitic Orobanchaceae	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Front Plant Sci.	6. 最初と最後の頁 1056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01056	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Motomura, K., Arae, T., Araki-Uramoto, H., Suzuki, Y., Takeuchi, H., Suzuki, T., Ichihashi, I., Shibata, A., Shirasu, K., Takeda, A., Higashiyama, T., Chiba, Y	4. 巻 -
2. 論文標題 AtNOT1 is a novel regulator of gene expression during pollen development	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Cell Physiol.	6. 最初と最後の頁 pcz235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1093/pcp/pcz235	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Quantitative phosphoproteomic analysis reveals common regulatory mechanisms between effector and PAMP triggered immunity in plants	4. 巻 221
2. 論文標題 Kadota, Y., Liebrand, T. W. H., Goto, Y., Sklenar, J., Derbyshire, P., Menke, F. L. H., Torres, M. A., Molina, A., Zipfel, C., Coaker, G., and Shirasu, K.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New Phytol.	6. 最初と最後の頁 2160-2175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1111/nph.15523	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Mutuku, J. M., Cui, S., Hori, C., Takeda, Y., Tobimatsu, Y., Nakabayashi, R., Mori, T., Saito, K., Demura, T., Umezawa, T., Yoshida, S., and Shirasu, K.	4. 巻 179
2. 論文標題 The structural integrity of lignin is crucial for resistance against <i>Striga hermonthica</i> parasitism in rice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Physiol.	6. 最初と最後の頁 1796-1809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1104/pp.18.01133	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kadota, Y., Liebrand, T. W. H., Goto, Y., Sklenar, J., Derbyshire, P., Menke, F. L. H., Torres, M. A., Molina, A., Zipfel, C., Coaker, G., and Shirasu, K.	4. 巻 221
2. 論文標題 Quantitative phosphoproteomic analysis reveals common regulatory mechanisms between effector and PAMP triggered immunity in plants	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New Phytol.	6. 最初と最後の頁 2160-2175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1111/nph.15523	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kadota Yasuhiro, Liebrand Thomas W. H., Goto Yukihisa, Sklenar Jan, Derbyshire Paul, Menke Frank L. H., Torres Miguel Angel, Molina Antonio, Zipfel Cyril, Coaker Gitta, Shirasu Ken	4. 巻 221
2. 論文標題 Quantitative phosphoproteomic analysis reveals common regulatory mechanisms between effector and PAMP triggered immunity in plants	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 2160 ~ 2175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.1111/nph.15523	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Mutuku J. Musembi, Cui Songkui, Hori Chiaki, Takeda Yuri, Tobimatsu Yuki, Nakabayashi Ryo, Mori Tetsuya, Saito Kazuki, Demura Taku, Umezawa Toshiaki, Yoshida Satoko, Shirasu Ken	4. 巻 179
2. 論文標題 The Structural Integrity of Lignin Is Crucial for Resistance against <i>Striga hermonthica</i> Parasitism in Rice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 1796 ~ 1809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.1104/pp.18.01133	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Wakatake Takanori, Yoshida Satoko, Shirasu Ken	4. 巻 145
2. 論文標題 Induced cell fate transitions at multiple cell layers configure haustorium development in parasitic plants	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Development	6. 最初と最後の頁 dev164848
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.1242/dev.164848	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sato Kazuki, Kadota Yasuhiro, Gan Pamela, Bino Takahiro, Uehara Taketo, Yamaguchi Katsushi, Ichihashi Yasunori, Maki Noriko, Iwahori Hideaki, Suzuki Takamasa, Shigenobu Shuji, Shirasu Ken	4. 巻 6
2. 論文標題 High-Quality Genome Sequence of the Root-Knot Nematode <i>Meloidogyne arenaria</i> Genotype A2-0	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Genome Announcements	6. 最初と最後の頁 e00519-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.1128/genomeA.00519-18	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Asai Shuta, Furzer Oliver J., Cevik Volkan, Kim Dae Sung, Ishaque Naveed, Goritschnig Sandra, Staskawicz Brian J., Shirasu Ken, Jones Jonathan D. G.	4. 巻 9
2. 論文標題 A downy mildew effector evades recognition by polymorphism of expression and subcellular localization	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 5192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1038/s41467-018-07469-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Cui Songkui, Wada Syogo, Tobimatsu Yuki, Takeda Yuri, Saucet Simon B., Takano Toshiyuki, Umezawa Toshiaki, Shirasu Ken, Yoshida Satoko	4. 巻 218
2. 論文標題 Host lignin composition affects haustorium induction in the parasitic plants <i>Phtheirospermum japonicum</i> and <i>Striga hermonthica</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 710 ~ 723
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1111/nph.15033	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Spallek Thomas, Gan Pamela, Kadota Yasuhiro, Shirasu Ken	4. 巻 44
2. 論文標題 Same tune, different song ? cytokinins as virulence factors in plant?pathogen interactions?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Current Opinion in Plant Biology	6. 最初と最後の頁 82 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.pbi.2018.03.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Noutoshi Yoshiteru, Shirasu Ken	4. 巻 1795
2. 論文標題 A High-Throughput Chemical Screening Method for Inhibitors and Potentiators of Hypersensitive Cell Death Using Suspension Cell Culture of Arabidopsis thaliana	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Methods in Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 39 ~ 47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-4939-7874-8_4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ichihashi Yasunori, Fukushima Atsushi, Shibata Arisa, Shirasu Ken	4. 巻 1830
2. 論文標題 High Impact Gene Discovery: Simple Strand-Specific mRNA Library Construction and Differential Regulatory Analysis Based on Gene Co-Expression Network	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Methods in Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 163 ~ 189
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8657-6_11	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 白須 賢	4. 巻 72
2. 論文標題 比較ゲノミクスをベースにしたイチゴ炭疽病菌Colletotrichum gloeosporioides種複合体の解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 植物防疫	6. 最初と最後の頁 18-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Satoko, Shirasu Ken	4. 巻 84
2. 論文標題 Host recognition and infection mechanism by parasitic Orobanchaceae plants	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Phytopathology	6. 最初と最後の頁 267 ~ 274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3186/jjphytopath.84.267	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Cui Songkui, Wada Syogo, Tobimatsu Yuki, Takeda Yuri, Saucet Simon B., Takano Toshiyuki, Umezawa Toshiaki, Shirasu Ken, Yoshida Satoko	4. 巻 218
2. 論文標題 Host lignin composition affects haustorium induction in the parasitic plants <i>Phtheirospermum japonicum</i> and <i>Striga hermonthica</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 710 ~ 723
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1111/nph.15033	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Spallek Thomas, Gan Pamela, Kadota Yasuhiro, Shirasu Ken	4. 巻 44
2. 論文標題 Same tune, different song ? cytokinins as virulence factors in plant?pathogen interactions?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Current Opinion in Plant Biology	6. 最初と最後の頁 82 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.pbi.2018.03.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Uemura Akira, Yamaguchi Nobutoshi, Xu Yifeng, Wee WanYi, Ichihashi Yasunori, Suzuki Takamasa, Shibata Arisa, Shirasu Ken, Ito Toshiro	4. 巻 31
2. 論文標題 Regulation of floral meristem activity through the interaction of AGAMOUS, SUPERMAN, and CLAVATA3 in Arabidopsis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plant Reproduction	6. 最初と最後の頁 89 ~ 105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s00497-017-0315-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Spallek Thomas, Melnyk Charles W., Wakatake Takanori, Zhang Jing, Sakamoto Yuki, Kiba Takatoshi, Yoshida Satoko, Matsunaga Sachihiro, Sakakibara Hitoshi, Shirasu Ken	4. 巻 114
2. 論文標題 Interspecies hormonal control of host root morphology by parasitic plants	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 5283 ~ 5288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1073/pnas.1619078114	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Matsui Hidenori, Nomura Yuko, Egusa Mayumi, Hamada Takahiro, Hyon Gang-Su, Kaminaka Hironori, Watanabe Yuichiro, Ueda Takashi, Trujillo Marco, Shirasu Ken, Nakagami Hirofumi	4. 巻 13
2. 論文標題 The GYF domain protein PSIG1 dampens the induction of cell death during plant-pathogen interactions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PLOS Genetics	6. 最初と最後の頁 e1007037
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1007037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ishida Juliane K., Yoshida Satoko, Shirasu Ken	4. 巻 12
2. 論文標題 Quinone oxidoreductase 2 is involved in haustorium development of the parasitic plant <i>Phtheirospermum japonicum</i>	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plant Signaling & Behavior	6. 最初と最後の頁 e1319029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1080/15592324.2017.1319029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ishida, J.K., Yoshida, S., Shirasu, K.	4. 巻 7
2. 論文標題 Haustorium induction assay of the parasitic plant <i>Phtheirospermum japonicum</i> .	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Bio-protocol	6. 最初と最後の頁 e2260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.21769/BioProtoc.2260	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Lopez Raex, J.A., Shirasu, K., Foo, E.	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Strigolactones in plant interactions: the yin and yang.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Trends in Plant Sci.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2017.03.011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Gan, P., Nakata, N., Suzuki, T., Shirasu, K.	4. 巻 83
2. 論文標題 Markers to distinguish different species of anthracnose fungi identify <i>Colletotrichum fructicola</i> as the predominant virulent species in strawberry plants in the Chiba prefecture of Japan	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Gen. Plant Path.	6. 最初と最後の頁 14-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10327-016-0689-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Xu, B., Cheval, C., Laohavisit, A., Chiasson, D., Hocking, B., Olsson, T., Shirasu, K., Faulkner, C., Gilliam, M.	4. 巻 215
2. 論文標題 A calmodulin-like protein regulates plasmodesmal closure during bacterial immune responses.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 77-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1111/nph.14599	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Gan, P., Narusaka, M., Tsushima, A., Narusaka, Y., Takano, Y. and Shirasu, K.	4. 巻 5
2. 論文標題 Draft genome assembly of <i>Colletotrichum chlorophyti</i> , a pathogen of herbaceous plants	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Genome Announcement	6. 最初と最後の頁 e01733-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/genomeA.01733-16	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ishida, J. K., Wakatake, T., Yoshida, S., Takebayashi, Y., Kasahara, H., Wafula, E., dePamphilis, C. W., Shigetou N., Shirasu, K.	4. 巻 28
2. 論文標題 Local auxin biosynthesis mediated by a YUCCA flavin monooxygenase regulates the haustorium development in the parasitic plant <i>Phtheirospermum japonicum</i> .	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Plant Cell	6. 最初と最後の頁 1795-1814
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1105/tpc.16.00310	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yoshida, S., Cui, S., Ichihashi, Y., Shirasu, K.	4. 巻 67
2. 論文標題 The haustorium, a specialized invasive organ in parasitic plants.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Annu Rev Plant Biol.	6. 最初と最後の頁 643-667
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1146/annurev-arplant-043015-111702	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Cui, S., Wakatake, T., Hashimoto, K., Saucet, S.B., Toyooka, K., Yoshida, S. and Shirasu, K.	4. 巻 170
2. 論文標題 Haustorial hairs are specialized root hairs that support parasitism in the facultative parasitic plant, <i>Phtheirospermum japonicum</i>	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Plant Physiol.	6. 最初と最後の頁 1492-1503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1104/pp.15.01786	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Saucet, S. B. and Shirasu, K.	4. 巻 12
2. 論文標題 Molecular parasitic plant host-interactions.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 PLoS Pathogens.	6. 最初と最後の頁 e1005978
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005978	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamada, K., Yamaguchi, K., Shirakawa, T., Nakagami, H., Mine, A., Ishikawa, K., Fujiwara, M., Narusaka, M., Narusaka, Y., Ichimura, K., Kobayashi, Y., Matsui, H., Nomura, Y., Nomoto, M., Tada, Y., Fukao, Y., Fukamizo, T., Tsuda, K., Shirasu, K., Shibuya, N. and Kawasaki, T.	4. 巻 -
2. 論文標題 The Arabidopsis CERK1-associated kinase PBL27 connects chitin perception to MAPK activation.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 EMBO J.	6. 最初と最後の頁 e201694248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15252/embj.201694248	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Asai, S., and Shirasu, K.	4. 巻 28
2. 論文標題 Plant cells under siege: plant immune system versus pathogen effectors	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Curr. Opin. Plant. Biol.	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pbi.2015.08.008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mutuku, J.M., Yoshida, S., Shimizu, T., Ichihashi, Y., Wakatake., T., Seo, M.	4. 巻 168
2. 論文標題 The WRKY45-dependent signaling pathway is required for resistance against Striga parasitism	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Plant Physiol.	6. 最初と最後の頁 1152-1163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://www.plantphysiol.org/content/168/3/1152	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Adachi, H., Nakano, T., Miyagawa., N., Ishihama, N., Yoshioka, M., Katou, Y. and Yoshioka, H.	4. 巻 27
2. 論文標題 WRKY Transcription Factors Phosphorylated by MAPK Regulate a Plant Immune NADPH Oxidase in <i>Nicotiana benthamiana</i>	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 The Plant Cell	6. 最初と最後の頁 2645-2663
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1105/tpc.15.00213	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Conn, C. E., Bythell-Douglas, R., Neumann, D., Yoshida, S., Whittington, J.H., Shirasu, K., Bond, C. S. Dyer, K. A., Nelson, D. C.	4. 巻 349
2. 論文標題 Convergent evolution of strigolactone perception enabled host detection in parasitic plants	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 540-543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aab1140	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Asai, S, Shirasu, K, Jones, J. D.G.	4. 巻 5
2. 論文標題 Hyaloperonospora arabidopsidis (Downy Mildew) infection Assay in Arabidopsis.	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Bio-protocol	6. 最初と最後の頁 e1627
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) ww.bio-protocol.org/e1627	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Ken Shirasu
2. 発表標題 How do parasitic plants perceive host plants?
3. 学会等名 IS-MPMI XV Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Ogawa, Takanori Wakatake, Juliane K. Ishida, Satoko Yoshida, Thomas Spallek, Yasunori Ichihashi, Ken Shirasu
2. 発表標題 Parasitism-inducible proteases and their putative peptide hormone in the haustorium of the parasitic plant Phtheirospermum japonicum
3. 学会等名 2019 IPGSA Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 若竹崇雅、吉田聡子、白須賢
2. 発表標題 A yeast one-hybrid screening to identify transcription factors that regulate auxin biosynthesis during haustorium initiation in parasitic plants
3. 学会等名 第60回植物生理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川哲史、若竹崇雅、Juliane K. Ishida、吉田聡子、市橋泰範、白須賢
2. 発表標題 Expression dynamics of subtilases in the haustorium of the parasitic plant <i>Phtheirospermum japonicum</i>
3. 学会等名 第60回植物生理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 akanori Wakatake, Satoko Yoshida, Ken Shirasu
2. 発表標題 A yeast one-hybrid assay to explore transcription factors that initiate haustorium development in parasitic plants
3. 学会等名 第59回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Satoshi Ogawa, Takanori Wakatake, Satoko Yoshida, Yasunori Ichihashi, Ken Shirasu
2. 発表標題 Classification and expression dynamics of subtilases in the parasitic plant <i>Phtheirospermum japonicum</i>
3. 学会等名 第59回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takanori Wakatake, Satoko Yoshida, Ken Shirasu
2. 発表標題 Auxin transport underlies xylem connection between parasitic plants and its host
3. 学会等名 Keystone symposia Plant Signaling: Molecular Pathways and Network Integration (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Satoshi Ogawa, Takanori Wakatake, Yasunori Ichihashi, Ken Shirasu
2. 発表標題 Classification of subtilases in the parasitic organ of Phtheirospermum japonicum
3. 学会等名 環境記憶統合・第3回若手の会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 白須 賢
2. 発表標題 Vascular hijack by parasitic plants
3. 学会等名 2016 IPGSA Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Anuphon Laohavisit
2. 発表標題 Molecular Identification of a Quinone Receptor in Plants
3. 学会等名 Cold Spring Harbor Asia (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Anuphon Laohavisit
2. 発表標題 Identification of a quinone receptor in Arabidopsis
3. 学会等名 第58回日本植物生理学会年会 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshida, S., Spallek, T., Laohavisit, A., Ishida, J. K., Shirasu, K.
2. 発表標題 寄生植物ストライガのゲノムにおける植物免疫関連遺伝子の解析
3. 学会等名 日本植物病理学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yoshida, S., Cui, S., Wakatake, T., Spallek, T., Ichihashi, Y., Saucet, S., Shirasu, K.
2. 発表標題 Intimate plant-plant interaction between parasitic plants and their hosts
3. 学会等名 第57回 日本植物生理学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Wakatake, T., Yoshida, S., Sano, R., Kurata, T., Demura, T., Shirasu, K.
2. 発表標題 Tissue specific transcriptome analysis at the interface between a parasitic plant and the host plant
3. 学会等名 第57回 日本植物生理学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ichihashi, Y., Yasunori, I., Wakatake, T., Yoshida, A., Maki, N., Shibata, A., Kyozyuka, J., Shirasu, K.
2. 発表標題 Dissecting an opportunistic relationship between parasitic plant and host
3. 学会等名 第57回 日本植物生理学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Cui, S., Toyooka, K., Hashimoto, K., Wakatake, T., Saucet, S., Shirasu, K.
2. 発表標題 Haustorial hairs are the specialized root hairs that support parasitism in the facultative root parasitic plant, <i>Phtheirospermum japonicum</i>
3. 学会等名 第57回 日本植物生理学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shirasu, K.
2. 発表標題 Genome analysis of parasitic plants: how do plants
3. 学会等名 Lausanne Genomics Days 2016 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Wakatake, T., Spallek, T., Saucet, S., Yoshida, S., Shirasu, K.
2. 発表標題 Live imaging illuminates plant-plant interactions between parasitic plants and their hosts
3. 学会等名 第38回日本分子生物学会年会、第88回日本生化学会 合同大会
4. 発表年 2015年～2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究室運営Website
<http://plantimmunity.riken.jp/index.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----