

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 14 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24370011

研究課題名(和文)生態系理論の総合的研究

研究課題名(英文)Integrative study of ecosystem theory

研究代表者

巖佐 庸 (Iwasa, Yoh)

九州大学・理学研究院・教授

研究者番号：70176535

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円

研究成果の概要(和文)：生物は野外において競争者や餌、捕食者などさまざまな他種と相互作用をし、進化・表現型可塑性・行動選択によって適応し、環境を自らに適応的なものへと改変させる。互いに深く関連した生物群とそれらの物理環境を含めたシステムを生態系という。生態系の構造と動態の理解をすすめるために、次の3つの視点に立った研究を集中的に行った：(1)生態系を構成する種の生活史適応とその生態系インパクトの研究、(2)種多様性の生成と喪失の数理的研究、(3)ヒトの選択動態と生態系動態の結合ダイナミックスの研究。それぞれについて当初予想を超える成果があがった。

研究成果の概要(英文)：In the field, species interact with other species, such as competitors, prey and predators, show adaptation by evolution and phenotypic plasticity and behavioral choice, and modify the environment to the one suitable for its own. A number of species strongly interacting with each other combined with their physical environments form an "ecosystem". To understand the structure and function of ecosystems, we performed theoretical and modeling study. Especially the following three aspects: (1) Life history evolution of species constituting an ecosystem and its impacts to the ecosystem. (2) Creation and loss of species diversity, and (3) study of coupled dynamics of human choice and ecosystem dynamics. We could obtained very illuminating results for each aspect of the project.

研究分野：数理生態学

キーワード：森林の一斉開花 海洋生物の生活史と性表現 海藻の生活環進化 社会性アメーバ 保全への社会的関心 評判にもとづく協力維持機構 種絶滅率の新公式 熱帯林の違法伐採

## 1. 研究開始当初の背景

生物は野外において競争者や餌、捕食者などさまざまな他種と相互作用をし、進化・表現型可塑性・行動選択によって適応し、環境を自らに適応的なものへと改変させる。互いに深く関連した生物群とそれらの物理環境を含めたシステムを生態系もしくは生物圏という。様々な側面について総合的に研究を進めるべき時に来ている。

## 2. 研究の目的

生態系の構造と機能を理解するため、以下の項目に着いてとりくんだ。

(1) 生態系を構成する種の生活史適応とその生態系インパクトの研究：

生態系を構成する種は、それぞれ適応的に挙動を変更する。それには淘汰にもとづいた進化に加え、表現型可塑性、行動選択など様々なタイプのものである。それらの適応的变化が、個体群変動や他種に与える影響を調べた。

1-1 樹木の一斉開花・結実の進化要因

1-2 海産生物の生活史適応の理論的研究

(2) 種多様性の生成と喪失の数理的研究：

2-1 島もしくは孤立した森林における種数の減少プロセスの研究

2-2 島状生息地への繰り返し侵入による固有種生成速度の研究

(3) ヒトの選択動態と生態系動態の結合ダイナミックスの研究

3-1 湖水の水質維持や森林の伐採抑制などに関する人々の社会決定動態

3-2 保全に対する社会的関心を高める活動への最適投資

3-3 社会的情報（評判）にもとづいた協力進化の研究

## 3. 研究の方法

各課題に対して、数理モデルの構築と解析、数値解析、データとの比較を組み合わせた理論研究を遂行した。

## 4. 研究成果

(1) 生態系を構成する種の生活史適応とその生態系インパクトの研究：

1-1 森林の樹木の一斉開花・結実の進化要因

申請者らは、樹木の個体が資源を蓄積し繁殖で消費することを表すカオス結合系モデルを解析して樹木の繁殖同調条件を調べてきた。繁殖時の消費の大きさが進化して、ブナやマツ・カシなどのようにマスティングを行うようになる場合と、カエデのように行わないようになる場合がある。またブナに対するブナゾウムシのように特異的種子捕食者の生活史と樹木マスティングの共進化を解析した。さらに有限集団では、遺伝的浮動に

よってマスティングが進化しやすいが、その数理的背景を拡散理論にもとづいて解明した。

1-2 海産生物の生活史適応の理論的研究

海藻にみられる異形世代交代と同形世代交代を季節的に変動する環境への適応として解析し、緯度や潮位、攪乱の強さに応じてどのような群集が見られるかを解明した。

(2) 種多様性の生成と消滅の数理的研究：

2-1 島もしくは孤立した森林における種数の減少プロセスの研究

申請者は、島状の孤立した生息地（もしくは保護区）での種数が減少するプロセスを予測する新しい公式を導いた。本申請では、その公式を総個体数が時間的に変動する場合や種間に相互作用がある場合に拡張した。予備の結果によると、総個体数の変動が小さい方がより多くの種が維持できる。

2-2 島状生息地に対する繰り返し侵入にもとづいた固有種生成速度の研究

島状の生息地に、外部からごく希に侵入が生じ、島内では長く孤立するために突然変異が蓄積して遺伝構成が変化し、次回に侵入が生じたときには交配できなくなり互いに別種になるというモデルを解析した。突然変異や侵入などのあとの固定/喪失のプロセスは瞬時におきるが、突然変異や侵入はポアソン点過程で扱う近似など様々なモデリングを行った。種分化が急速に生じるための条件、太洋島での固有種数の比率が説明できた。

(3) ヒトの選択動態と生態系動態の結合ダイナミックスの研究：

3-1 湖水の水質維持や森林の伐採抑制などについての人々の動態の研究

多くの生態系は人間活動の影響を強く受けている。生態系の挙動を理解し予測するために、人間による意思決定、もしくは行動変化を表すダイナミックスとを連立させたモデリングを行った。

3-2 保全に対する社会的関心を高める活動への最適投資

国立公園や保護区などの維持のために、どれだけの資源を、環境教育・展示・出版などの活動に振り向けるべきかを考える動的最適化モデルを構築した。

3-3 社会的情報（評判）にもとづいた協力進化の研究

評判情報が存在することによって人々の協力が維持されるとする間接互惠理論について、さまざまな方向に拡張する。自然環境の保全などや乱獲の抑制といった自然資源の管理に対しても、人々が社会の中での評判を気にかけて協力し合うことが重要である。また評判情報が不完全であり、他人に見られていない可能性がある私的状況での協力成立について間接互惠理論を拡張する。

Elinor Ostrum が水や魚などの資源管理の状況において人々は自発的に管理のための制度をつくってうまく運用していることを指摘したが、どのような状況でそれが成立するかに答える理論を展開した。

## 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36件)

Lee, J-H., M. Jusup, B. Podobnik, and Y. Iwasa. 2015. Agent-based mapping of credit risk for sustainable microfinance. *PLoS ONE* 10(5): e0126447.

doi: 10.1371/journal.pone.0126447

Lee, J-H., K. Kakinuma, T. Okuro and Y. Iwasa. 2015. Coupled social and ecological dynamics for herders in the rangeland. *Ecological Economics* 114: 208-217.

Uchinomiya, K. and Y. Iwasa. 2015. Optimum resource allocation in the plant-fungus symbiosis for an exponentially growing system. *Evolutionary Ecology Research* (in press)

Yamaguchi, S., and Y. Iwasa. 2015. Phenotype adjustment promotes adaptive evolution in a game without conflict. *Theoretical Population Biology* (in press)

Lee, J-H., K. Sigmund, U. Dieckmann, and Y. Iwasa. 2015. Games of corruption: how to suppress illegal logging *Journal of Theoretical Biology* 367:1-13.

doi:10.1016/j.jtbi.2014.10.037

Tazzyman, S., Y. Iwasa and A. Pomiankowski. 2014b. The handicap process favors exaggerated, rather than reduced, sexual ornaments. *Evolution* 68:2539-2549. doi:10.1111/evo.12450

Jusup, M., T. Matsuo, and Y. Iwasa. 2014. Barriers to cooperation aid ideological rigidity and threaten societal collapse. *PLoS Computational Biology* 10(5): e1003618. doi:10.1371/journal.pcbi.1003618

Yamaguchi, S., J.T. Høeg, and Y. Iwasa. 2014. Evolution of sex determination and sexually dimorphic larval sizes in parasitic barnacles. *Journal of Theoretical Biology* 347:7-16. doi: 10.1016/j.jtbi.2014.01.011

Matsuo, T., M. Jusup, and Y. Iwasa. 2014. The conflict of social norms may cause the collapse of cooperation: indirect reciprocity with opposing attitudes towards in-group favoritism. *Journal of Theoretical Biology* 346: 34-46. doi: 10.1016/j.jtbi.2013.12.018

Lee, J-H., and Y. Iwasa. 2014. Modeling socio-economic aspects of ecosystem management and biodiversity conservation.

*Population Ecology* 56: 27-40. doi:

10.1007/s10144-013-0423-0

Iritani, R., and Y. Iwasa. 2014. Parasite infection drives the evolution of state-dependent dispersal of the host. *Theoretical Population Biology* 92: 1-13. doi:

10.1016/j.tpb.2013.10.005

Tazzyman, S., Y. Iwasa and A. Pomiankowski. 2014a. Signalling efficacy drives the evolution of larger sexual ornaments by sexual selection.

*Evolution* 68:216-229. doi: 10.1111/evo.12255

Yoshida, K. and Y. Iwasa. 2013. The evolution of sex differences in mate-attracting signaling. *Evolutionary Ecology Research* 15:919-931.

Tachiki, Y. and Y. Iwasa. 2013. Coevolution of mast seeding in trees and extended diapause of seed predators. *Journal of Theoretical Biology* 339:129-139.

doi: 10.1016/j.jtbi.2013.05.026

Yamaguchi, R. and Y. Iwasa. 2013. First passage time to allopatric speciation. A contribution to a special issue of 'Modelling biological evolution: recent progress, current challenges and future direction' *Interface Focus* 2013 3, 20130026.

doi: 10.1098/rsfs.2013.0026

Uchinomiya, K., and Y. Iwasa. 2013. Evolution of stalk/spore ratio in social amoeba: cell-to-cell interaction via a signaling chemical shaped by cheating risk. *Journal of Theoretical Biology* 336:110-118.

doi: 10.1016/j.jtbi.2013.07.024

Liao, Jinbao; Li, Zhenqing; Hiebeler, David; Iwasa, Yoh; Bogaert, Jan; Nijs, Ivan. 2013. Species persistence in landscapes with spatial variation in habitat quality: a pair approximation model. *Journal of Theoretical Biology* 335:22-30. doi: 10.1016/j.jtbi.2013.06.015

Yamaguchi, S., K. Sawada, Y. Yusa, and Y. Iwasa. 2013. Dwarf males and hermaphrodites can coexist in marine sedentary species if the opportunity to become a dwarf male is limited. *Journal of Theoretical Biology* 334:101-108. doi: 10.1016/j.jtbi.2013.05.027

Iwasa, Y. and J-H. Lee. 2013. Graduated punishment is efficient in resource management if people are heterogeneous. *Journal of Theoretical Biology* 333:117-125. doi: 10.1016/j.jtbi.2013.05.007

Haeno, H., Y.E. Maruvka, Y. Iwasa, and F. Michor. 2013. Stochastic tunneling of two mutations in a population of a constant number of cells. *PLoS ONE* 8:e15724. doi:

10.1371/journal.pone.0065724

(21) Yamaguchi, R. and Y. Iwasa. 2013.

Reproductive character displacement by the

- evolution of female mate choice. *Evolutionary Ecology Research* 15(1): 25-41.
- (22) Fukano, Y., Y. Tachiki, T. Yahara, and Y. Iwasa. 2013. Soil disturbances can suppress the invasion of alien plants under plant-soil-feedback. *Ecological Modelling* 260:42-49. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2013.03.022
- (23) Yahara, T. F. Javadi, Y. Onoda, L. P. de Queiroz, D. P. Faith, D. E. Prado, M. Akasaka, T. Kadoya, F. Ishihama, S. Davies, J. W. F. Slik, T. Yi, K. Ma, B. Chen, D. Darnaedi, R. T. Pennington, M. Tuda, M. Shimada, M. Ito, A. N. Egan, S. Buerki, N. Raes, T. Kajita, M. Mimura, H. Tachida, Y. Iwasa, G. F. Smith, J. E. Victor, & T. Nkonki. 2013. Global legume diversity assessment: concepts, key indicators, and strategies. *Taxon* 62:249-266.
- (24) Yamaguchi, S., K. Sawada, Y. Yusa, and Y. Iwasa. 2013. Dwarf males, large hermaphrodites, and females in marine species: a dynamic optimization model of sex allocation and growth. *Theoretical Population Biology* 85: 49-57. doi: 10.1016/j.tpb.2013.02.001
- (25) Halley, J.M., D., Vokou, and Y. Iwasa. 2013. Comment on "Extinction debt and windows of conservation opportunity in the Brazilian Amazon". *Science* 339:271.
- (26) Seto, M., N. Takamura, and Y. Iwasa, 2013. Individual and combined suppressive effects of submerged and floating-leaved macrophytes on algal blooms. *Journal of Theoretical Biology* 319: 122-133. doi: 10.1016/j.jtbi.2012.11.016
- (27) Wakano, J., and Y. Iwasa. 2013. Evolutionary branching in a finite population: deterministic branching versus stochastic branching. *Genetics* 193: 229-241. doi: 10.1534/genetics.112.144980
- (28) Koizumi, Y., Y. Iwasa, and T. Hirashima. 2012. Mathematical study of the role of Delta/Notch inhibition during primary branching of *Drosophila* Trachea development. *Biophysical Journal* 103: 2549-2559.
- (29) Halley, J.M. and Y. Iwasa. 2012. Neutrality without incoherence: a response to Clark. *Trends in Ecology and Evolution* 27: 363.
- (30) Lee, J-H. and Y. Iwasa. 2012. Optimal investment in enhancing social concern on biodiversity conservation: a dynamic approach. *Theoretical Population Biology* 82:177-186.
- (31) Tanaka, C.M. and Y. Iwasa. 2012. Cultural evolution of a belief controlling human mate choice: dynamic modeling of the *hinoeuma* superstition in Japan. *Journal of Theoretical Biology*. 309:20-28.
- (32) Takashina, N. A. Mougi, and Y. Iwasa, 2012. Paradox of marine protected area: suppression of fishery may cause species loss. *Population Ecology* 54: 475-485.
- (33) Bessho, K. and Y. Iwasa. 2012. Variability in the evolutionarily stable seasonal timing of germination and maturation and the mode of competition. *Journal of Theoretical Biology* 304:66-80.
- (34) Satake, A. and Y. Iwasa. 2012. A stochastic model of chromatin modification: cell population coding of winter memory in plants. *Journal of Theoretical Biology* 302:6-17.
- (35) Tachiki, Y. and Y. Iwasa, 2012. Evolutionary jumping and breakthrough in the trees' masting evolution. *Theoretical Population Biology* 81:20-31.
- (36) Hironaka, K., Y. Iwasa, and Y. Morishita. 2012. Multiple feedback loops achieve robust localization of *wingless* expression in *Drosophila* notum development. *Journal of Theoretical Biology* 292:18-29.
- 以上すべて査読あり
- (学会発表) (計 47 件)
- (1) 理研数理生物学ミニシンポジウム「文化進化ダイナミクスによる社会現象の解明: ヒノエウマ迷信と熱帯林の違法伐採を例に」理研和光キャンパス 2015 年 2 月 23 日
- (2) 那覇植物防疫事務所ゼミナール「生態系管理のための社会 / 経済的側面のモデリングについて」2015 年 2 月 4 日那覇港湾合同庁舎、那覇市
- (3) Symposium "Ecosystem management and environmental decisions." (org. Y Iwasa); A Satellite symposium of Second International Symposium of Decision Science for Sustainable Society, Kyushu University. "Modeling socio-economic aspects for ecosystem management." Centennial Hall, Kyushu University Medical School. January 30. 2015. Maidashi, Fukuoka, Japan.
- (4) Mathematical Biology seminar, National Center for Theoretical Science, National Tsing Hua University. "Harvester-Enforcer Games of Corruption: How to Suppress Illegal Logging." December 11, 2014. Hsinchu, Taiwan
- (5) Special seminar, Evolution and Ecology Program, International Institute for Applied Systems Analysis "Harvester-Enforcer Games of Corruption: How to Suppress Illegal Logging." September 3. Laxenburg, Austria
- (6) 14th SAET Conference on current trends in economics. Waseda University, Symposium session "Simulation on social behavior." (org. E. Akiyama) "Harvester-Enforcer Games of Corruption: How to Suppress Illegal Logging.". Waseda University, Tokyo August 19, 2014.
- (7) Invited Talks. JSMB/SMB Joint Meeting for Mathematical Biology. 2014. Osaka. "Mating preferences by females and parental care by males." in mini-symposium "Biological markets and the evolution of interaction networks." (org. Telschow and

- Yamauchi); Jul 29. "Modeling socio-economic aspects for ecosystem management" in mini-symposium "Social sciences for ecosystem management and biodiversity conservation" (org. Y. Iwasa). July 30. Osaka, Japan.
- (8) Workshop of virus dynamics and evolution. (org. A. Korobeinikov) "Self-sacrificing of social amoeba: cell-to-cell interaction via a signaling chemical shaped by cheating risk". Centre de Recerca Matemàtica, Universitat Autònoma Barcelona, Spain. July 3, 2014.
- (9) Spain, Barcelona. Lecturer, Advanced Summer School, "Mathematical methods of biological evolution" (org. A. Krobeinikov). Center for Mathematical Research, Universitat Autònoma Barcelona, Barcelona, Spain. Six lectures. June 23-July 27, 2014.
- (10)九州大学大学院医学研究院精神科特別セミナー「生物の適応戦略を求めて」2014年4月24日
- (11) Invited speaker. Workshop "Evolution of Cooperation" (org. K Sigmund, U. Dieckmann, and Yi Tao). "Modeling socio-economic aspects for ecosystem management". IIASA-NSFC. Beijing, China. April 9, 2014.
- (12)日本生態学会年会。シンポジウム「モデルの単純化」(箱山 洋・粕谷英一企画)「動態モデルのアグリゲーション」 広島市 2014年3月15日
- (12) Plenary Talk. 6th International Systems Radiation Biology Workshop. "Cancer as a mini-evolutionary process". National Institute of Radiological Studies, Chiba. March 6, 2014.
- (13) ゲーム理論ワークショップ 2014. 「熱帯林における違法伐採と汚職の進化ゲーム」 東京工業大学大岡山キャンパス. 2014年3月2日
- (14) ワークショップ「生命科学で現れる新しい数理モデルの数学的基礎の構築に向けて」(org. 岩見・森田)「熱帯林における違法伐採と汚職の進化ゲーム」. 博多駅前リファレンス駅東. 2014年2月18日
- (15)葉山セミナー. "Evolutionary game theory of illegal logging and corruption in tropical forests." 総合研究大学院大学先導科学研究科. 2014年2月12日
- (16)環境省環境総合研究費 S9-1(宮下班)領域会議「社会的要因を考慮に入れた生物多様性保全の総合モデル」 東京大学農学部 2014年1月10日
- (17) Special seminar, Department of Life Sciences, National Cheng Kung University. "Modeling socio-economic aspects for ecosystem management." Tainan, Taiwan December 4, 2013.
- (18) Lecture series. National Institute of Theoretical Sciences, Mathematics Division. National Tsing Hua University. "Evolution of masting: synchronized and intermittent reproduction of trees."; "Modeling socio-economic aspects for ecosystem management." (Nov. 29): "Cell-to-cell interaction via a signaling chemical shaped by cheating risk"; "Cancer as a mini-evolutionary process" (Dec. 6); "Indirect reciprocity: a mechanism to maintain cooperation in human society" (Dec. 13). Hsinchu, Taiwan 2013.
- (19) Invited speaker, Commemorative symposium for the 29th International Prize for Biology. (org. T. Yahara et al.) "Impact of evolutionary game theory on our understanding of cooperation in human society: indirect reciprocity." Centennial Hall, Kyushu University, November 22, 2013.
- (20) Kyoto Prize Workshop "From molecular population genetics to comparative genomics". organiser and moderator. November 12, 2013. Kyoto International Hall.
- (21) ATP lecture. "Evolution of masting: synchronized reproduction of trees". Institute for Interdisciplinary Research, University of Lisbon, Portugal. October 17, 2013.
- (22) Invited speaker. Sustainability and Complex Systems Workshop (orgs. A Hastings et al.). "Modeling socio-economic aspects for ecosystem management and biodiversity conservation." Mathematical Biosciences Institute, Ohio State University, USA. September 16, 2013.
- (23) Hot topics workshop -- special highlights on mathematical biology. "Evolution of masting -- synchronized and intermittent reproduction of trees." (orgs. Eunok Jung et al.), June 3-5, 2013. National Institute for Mathematical Sciences, Daejeon, Korea.
- (24) Workshop "Frontiers in Integrative Biology". (orgs. E.P. Economo et al.) Lecturer. "Modeling adaptations in evolutionary ecology". OIST, Okinawa, Japan. May 26, 2013.
- (25) 特別セミナー、関西学院大学理工学部生命科学科。「協力行動の成立と維持細胞性粘菌の自己犠牲: 化学シグナルを考慮した進化」. 三田 2013年4月22日
- (26) ゲーム理論ワークショップ「社会性アメーバの自己犠牲: シグナル分子を介した調節の進化」一橋大学 2013年3月15日
- (27) Theory lunch, Prioulx lab., Department of Ecology, Evolution, Marine Sciences. "Evolution of stalk/spore ratio in a social amoeba: cell-to-cell interaction via a signaling chemical shaped by cheating risk." U. C. Santa Barbara. February 13, 2013.
- (28) Conference "Cooperation and major evolutionary transitions." (org. D. Bensimon, P. Durand, C Extavour, G. Huber). "Evolution of stalk/spore ratio in a social amoeba: cell-to-cell interaction via a signaling chemical shaped by cheating risk." KTIP, UC Santa Barbara. February 8, 2013.
- (29) 「実験が開く21世紀の社会科学」総括シンポジウム、「進化生物学からみた社会科学」、およびパネルディスカッション(神取、甘利)、一橋学術総合センター 2013年1月28日
- (30) 計測自動制御学会システムインテグレーション分科会特別講演、「生物の適応戦略をもとめて」福岡国際会議場 2012年12月19日
- (31) 第6回日本行動経済学会大会・第16回実験社会科学カンファレンス合同大会、特別講演(プレナリー)「評判をつかって人々を協力に導く: 進化生物学からみた社会規範」 青山学院大学 2012年12月8日
- (32) The 25th International Symposium, Foundation for Promotion of Cancer Research. "Radiation and Cancer". "Cancer as a mini-evolution: Chronic myeloid leukemia and drug resistance." National Cancer Center, Tokyo. December 6, 2012.
- (33) 数理生物学シンポジウム福岡「数理生物学のこれまでとこれから: 九大数理生物の40年」(org. 山内淳ら企画)九州大学国際センター 2012年11月23日

- (34) 「実験社会科学の将来」討論、一橋学術総合センター 2012年11月19日
- (35) "ICMAS2012 - Modeling, Analysis and Simulation for Real World Phenomena", "Evolution of masting: synchronized and intermittent reproduction of trees." Meiji University, Mathematical Institute. November 7, 2012.
- (36) 東大数理 GCOE の structured population dynamics の討論パネルディスカッションの取りまとめ 2012年11月2日
- (37) 特定領域実験社会科学、研究会「社会的ジレンマの解決: とくに graduated punishment がなぜのぞましいのか?」学術総合センター 2012年10月29日
- (38) 日本数理生物学会大会、岡山大学、プレナリー総合講演「生態学の数理モデル: これまでとこれから」 2012年9月12日
- (39) JST「生命の革新モデル」さきがけ領域会議、特別講演「樹木の一斉開花結実の進化」せとうち児島ホテル 2012年9月3日
- (40) 「生物多様性・生態系分野における社会科学と自然科学の連携に関する研究会。『生物多様性保全研究における社会科学と生態科学の結合の必要性』九州大学 2012年8月31日
- (41) Turing symposium on morphogenesis -- sixty years after Alan Turing. (org. Izumi Takagi) "Modeling morphogenesis in development." Sendai International Center. August 28, 2012.
- (42) JST「生物多様性モデル研究検討委員会」『生物多様性保全研究における社会科学と生態科学の結合の必要性』JST市ヶ谷東京 2012年7月2日
- (43) 高知工科大学 サイエンスカフェ「生物の適応戦略をもとめて」2012年6月27日。
- (44) Keynote speech, BIOCOMP2012 "Evolution of masting : synchronized and intermittent reproduction of trees." (with Y. Tachiki and A. Satake) Vietri Sul Mare, Italy June 4-8, 2012.
- (45) Panel discussion "心はなぜ、どのように社会的か?" (GCOE「心の社会性に関する教育研究拠点」総括シンポジウム。東京 2012年3月17日
- (46) ゲーム理論ワークショップ 2012 「Graduated punishment はどうして望ましいのか?」(JH Lee と) 静岡大学浜松キャンパス 2012年3月6日
- (47) Workshop "Cooperation in multi-partner settings: biological markets and social dilemmas" organized by R. Noe, Lorentz Center, Leiden University, The Netherlands. from Monday 16 till Friday 20 January 2012.

〔図書〕(計11件)

- 齊藤成也ほか編、2012. 進化学事典. 「性淘汰」「ゲノム対立」共立出版。(編者・執筆者)
- 巖佐 庸 2012. 『社会性アメーバ』について: 進化生態学的視点からの細胞性粘菌。『細胞性粘菌(研究の新展開)』(阿部知顕、前田靖男共編)アイビーシー出版社第9章 pp.455-483.
- 巖佐 庸・倉谷滋・齊藤成也・塚谷裕一共編、2013. 『生物学辞典』(改訂第5版)岩波書店。(編者・分野編集者・執筆者) pp.2171
- 巖佐 庸 2013. 『行動生物学辞典』(上田恵介ほか編)項目執筆「ゲノム刷り込み」「遺伝」「遺伝子」「遺伝学」「遺伝子発現」「性特異的遺伝子発現」「翻訳(遺伝子の)」「ランナウェイ仮説」「DNA」「遺伝コード」

「遺伝子型」「遺伝的浮動」「選択勾配」「突然変異」「選択勾配」「老化」「老化の進化」「マイオティックドライブ」「有効集団サイズ」「Williams, George C.」、東京化学同人 pp.650

巖佐 庸 2013. 『応用数理ハンドブック』(薩摩順吉その他編)「適応と進化」朝倉書店pp.704.

巖佐 庸 2013. 『人類はどこから来て、どこへ行くのか』(エドワードO.ウィルソン著、斉藤隆央訳、巖佐庸解説)「社会性の進化: アリを参考にしてヒトを理解する」化学同人社:京都 pp.363-373.

巖佐 庸 2014. まえがき(編者2名の共著)、第1章「生物の適応戦略と進化ゲーム」pp.3-20、第9章「湖の水質管理についての社会・生態結合ダイナミクス」pp.150-170. 『生態学と社会科学の接点』(佐竹暁子・巖佐庸共編)共立出版(共編者および執筆者) pp.203.

巖佐 庸 2014. 第8章「進化学からみた思いやり」『思いやりはどこからくるの: 利他性の心理と行動』日本心理学会監修、心理学叢書、誠信書房.第8章 pp.139-156.

巖佐 庸 2014. 「進化生物学の視点から秩序問題を考える」『社会の中の共存(岩波講座コミュニケーションの認知科学第4巻)』(山岸・亀田共編)第2章。岩波書店 pp.11-34.

巖佐 庸 2015. 「協力の進化: 人間社会の制度を進化生物学からみて」『社会の決まりはどのように決まるか』(亀田達也編)第1章。勁草書房 pp.15-47.

巖佐 庸 2014. 「進化の数理生物学」特集「生命動態システム科学」『生体の科学』65(5):440-441.

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

巖佐 庸 (IWASA, Yoh)

九州大学・大学院理学研究院・教授

研究者番号: