

平成22年5月17日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19380159
 研究課題名（和文） ニワトリ経済形質のQTL解析—初のDNA育種を目指して
 研究課題名（英文） QTL analyses for economic traits in chickens — for future DNA-based breeding
 研究代表者
 都築 政起（TSUDZUKI MASAOKI）
 広島大学・大学院生物圏科学研究科・教授
 研究者番号：70212058

研究成果の概要（和文）：大シャモ雄と白色レグホーン雌の交配に基づくF₂資源家系を用いて、ニワトリの経済形質（成長関連形質、卵関連形質、肉関連形質）に関与する量的形質遺伝子座（quantitative trait loci: QTL）を多数検出した。検出QTL数は次の通りである。成長関連形質：主効果QTL 229個、エピスタシスQTL 18組、卵関連形質：主効果QTL 67個、エピスタシスQTL 16組、肉関連形質：主効果QTL 14個。本研究成果はDNA育種のための基盤として活用できる。

研究成果の概要（英文）：A large number of quantitative trait loci (QTLs) controlling economic traits of chickens were discovered, using a resource family derived from Oh-Shamo males and White Leghorn females. The number of QTLs detected is as follows. Growth-related traits: 229 main-effect QTLs and 18 pairs of epistatic-interaction QTLs; egg-related traits: 67 main-effect QTLs and 16 pairs of epistatic-interaction QTLs; and meat-related traits: 14 main-effect QTLs. These QTLs will be useful for future DNA-based breeding.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
2008年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
2009年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
年度			
年度			
総計	15,000,000	4,500,000	19,500,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：畜産学・獣医学・応用動物科学

キーワード：ニワトリ、経済形質、QTL解析、エピスタシスQTL、染色体、成長、卵、肉

1. 研究開始当初の背景

鶏卵、鶏肉は我々にとって重要なタンパク源であり、現代日本では普通に流通している。ところが、多くの人々は知らないのであるが、それらの鶏卵、鶏肉を産出する元となる原種

鶏（種鶏）に関するパテントはほぼ全て欧州の育種会社に独占されている。言葉を変えれば、我が国はパテント代を支払い、原種鶏や種鶏を輸入し、それらに基づいて鶏卵、鶏肉を生産しているに過ぎない。すなわち、現在、

鶏卵、鶏肉の「みかけ」の自給率は高いが、真の自給率は数パーセント以下である。この事実は、もし輸入が途絶えれば、日本国からはほぼ全ての鶏卵、鶏肉が消え、国民が困窮する状況が現出することを意味する。2006年春に、欧州の多くの国でトリインフルエンザが発生した際、日本国は、欧州からのニワトリの輸入を禁止した。この時は、国家レベルで困窮するという程の事態には至らなかったものの、この事態に対し、2006年5月19日、時の農林水産大臣は、記者会見において、歴代農相の中で初めて、我が国独自の原種鶏を作出・保有する必要性を表明した。本研究課題を遂行することにより、この必要性を満たすことが可能になると考えられた。

2. 研究の目的

筆者の研究の最終目標は、斬新な育種法であるDNA育種法を用いて、欧米の商用鶏に勝る我が国独自の原種鶏（種鶏）を作出することにある。DNA育種を行うためには、その前段階として、Quantitative Trait Loci (QTL)解析を行って、各種の経済形質（産業上重要な形質）を支配している量的形質遺伝子座の染色体上の位置を特定すること、換言すれば、目的とする遺伝子座の近傍に位置するDNAマーカー座を発見することが必須である。

筆者は早くから、欧州に依存する必要のない、我が国独自の原種鶏作出の必要性を実感し、過去約10年来、DNA育種の準備を進めて来た。すなわち、QTL解析に必用な、(1)資源家系の造成、(2)その家系からの極めて多岐に渡る形質データの収集ならびに(3)DNA抽出のための膨大な量の血液サンプルの収集を精力的に行ってきた。

本課題では、この基盤の上に立ち、ニワトリがもつ経済形質である、(1)成長関連形質、(2)卵関連形質ならびに(3)肉関連形質に対してQTL解析を行って、それぞれを支配している量的形質遺伝子座の染色体上の位置を明らかにする(QTLを検出する)ことを目的とした。

3. 研究の方法

成長関連形質、卵関連形質ならびに肉関連形質に関し、大シャモ雄と白色レグホーン雌に基づくF₂資源家系(1169家系および1153家系)を用いて、QTL解析を遂行した。各形質に関する詳細は次に述べる通りであるが、必要に応じ孵化日による形質値の補正を行った点、マーカーにはマイクロサテライトDNAを用いた点、マーカータイピングには自動DNAシーケンサーを用いた点、ならびにQTL解析プログラムにはMap Manager QTXb20もしくはR/qt1を用いた点は、各形質に共通である。

(1)成長関連形質：1169家系の雌個体から得られた体重、体重増加量、脚長、脚長増加量を解析対象形質とした。体重では、孵化時(0週齢)より16週齢時までの1週間ごとの体重、また20週齢時より64週齢までの4週間ごとの体重を用いた。体重増加量では、16週齢までは1週間毎の、20週以降64週齢までは4週間毎の増加量を用いた。脚長では、0週齢より16週齢までは1週間毎、それ以降52週齢までは4週間毎の脚長を用いた。脚長増加量では、体重の場合と同様に、16週齢までは1週間毎の、それ以降52週齢までは4週間毎の増加量を用いた。これらの形質に関し、使用したF₂個対数は231~421の範囲であった。143のマイクロサテライトDNAマーカーを使用した。

(2)卵関連形質：1169家系における卵生産関連形質、卵外部形質ならびに卵内部形質を解析対象形質とした。それぞれの形質の内訳は次の通りである。尚、卵外部形質、卵内部形質については、初産時、300日齢時および400日齢時の3時点で採取されたデータを用いた。また、使用F₂個体数は形質により209~421の範囲であり、使用マーカー数は147であった。①卵生産関連形質：初産日齢ならびに22週齢から63週齢に至るまでの4週間毎の産卵率。22週齢から35週齢に至るまでの産卵率ならびに35週齢から49週齢に至るまでの産卵率。22週齢から49週齢に至るまでの総産卵率。②卵外部形質：卵重、卵長径、卵短径、卵殻強度、卵殻重、卵殻厚(鋭端部、鈍端部および中央部)、卵殻色(L*、a*およびb*値)。③卵内部形質：卵黄重、卵黄高、卵黄長径、卵黄短径、卵黄色(L*、a*およびb*値)、卵白重、濃厚卵白高、濃厚卵白長径、濃厚卵白短径。

(3)肉関連形質：1153家系の20週齢時の雌雄両方の個体を用いた。雌雄補正を行って雌雄両者の形質値を統合し解析に用いた。各種形質値は、モモ肉、ムネ肉およびササミの3部位から得たものを使用した。解析対象とした形質は次の通りである。非破壊肉色(L*、a*およびb*値)、挽肉色(L*、a*およびb*値)、ミオグロビン含量ならびにpH値。また、これらのデータに先立ち採取された、生体重量、屠体重量、脚長、肝臓重量、生殖腺(精巣および卵巣)重量も解析対象とした。解析に用いたF₂個体数は形質により170~347の範囲であり、使用マーカー数は88であった。

(4)研究成果

QTL解析の結果、成長関連形質、卵関連形質および肉関連形質について、量的形質遺伝子座(QTL)をそれぞれ次のように検出した。

(1)成長関連形質：0~64週齢体重、0~52週齢脚長、体重増加量ならびに脚長増加量に関し極めて多くのQTLを発見した。その詳細

4. 研究成果

QTL解析の結果、成長関連形質、卵関連形質および肉関連形質について、量的形質遺伝子座(QTL)をそれぞれ次のように検出した。

(1)成長関連形質：0~64週齢体重、0~52週齢脚長、体重増加量ならびに脚長増加量に関し極めて多くのQTLを発見した。その詳細

は次の通りである。

①0～64 週齢体重：0 週齢時（孵化時）体重に関与する QTL は発見されなかったが、1 週齢時より 64 週齢時まで、調査した全ての週齢において体重に関与する主効果 QTL が検出された。それらは、第 1、2、4、6、7、19、27 および 28 染色体上ならびに Z 染色体上に検出され、その総数は 87 個に上った。また、表現型分散に対する寄与率は 2.8～17.7%の範囲であった。これらの QTL の中には 1 週齢から 64 週齢まで連続的に出現するものと、時期特異的に出現するものがみられた。13、16 あるいは 20 週齢を境として、その出現の有無が劇的に変化する複数の QTL が存在することが明らかになった。また、上記 87 個の主効果 QTL の他に、12、48、52、60 および 64 週齢体重に関与するエピスタシス QTL がそれぞれ 1 組ずつ、合計 5 組検出された。それらは、表現型分散の 4.0～6.9%を説明するものであった。

②0～52 週齢脚長：2 および 3 週齢を除いて、その他の調査した全ての週齢において主効果 QTL が検出された。検出総数は 101 個に上り、第 1、2、4、5、7、9、13、27 および 28 染色体上ならびに Z 染色体上に検出された。それらの QTL の表現型分散に対する寄与率は 1.7～27.9%の範囲であった。また、体重の場合とその消長のパターンは異なるものの、脚長においても時期特異的にその出現の有無が劇的に変化する QTL が複数存在した。特に 8 週、10 週あるいは 16 週齢時を境にして大きな変化がみられた。これらの主効果 QTL の他に、9、24、28、36、40、44、48 および 52 週齢脚長に関与するエピスタシス QTL が総計 10 組発見された。これらの QTL は表現型分散の 3.0～6.1%を説明するものであった。

③体重増加量：0-1、1-2、2-3、5-6、6-7、7-8、9-10、12-13、14-15、16-20、20-24、24-28、28-32、32-36、36-40、44-48、48-52 および 56-60 週齢における体重増加量に関与する主効果 QTL が、第 1、2、4、6、7、13 および 28 染色体上ならびに Z 染色体上に総計 31 個検出された。それらの QTL の表現型分散に対する寄与率は 3.4～12.4%の範囲であった。また、これらの主効果 QTL に加え、14-15、24-28 および 36-40 週齢体重増加量に関与するエピスタシス QTL が 3 組発見された。それらの表現型分散に対する寄与率は 8.2～11.2%の範囲であった。

④脚長増加量：0-1、2-3、4-5、5-6、11-12、13-14、15-16、16-20 および 24-28 週齢脚長増加量に関与する主効果 QTL が、第 1、4 および 28 染色体上に総計 10 個検出された。これらの QTL の表現型分散に対する寄与率は 3.9～11.3%の範囲であった。

以上、①、②、③、④を合計すると、成長関連形質に関し、主効果 QTL が 229 個、エピ

スタシス QTL が 18 組発見されたことになる。このような莫大な数の QTL が検出されたのは、孵化時から 64（あるいは 52）週齢までという長期に渡って採取されたデータを使用したことに起因するが、このような長期に渡って成長形質データを採取しその QTL 解析を行った例は世界中に存在しない。QTL 検出数の多さのみでなく、成長関連 QTL の経時的変化を明らかにできた点も、本研究において特筆すべき点である。

(2) 卵関連形質：卵生産形質、卵外部形質および卵内部形質ともに、多くの主効果 QTL ならびにエピスタシス QTL を検出した。その詳細は以下の通りである。

①卵生産関連形質：初産日齢に関与する主効果 QTL を第 1 染色体上に検出した。その表現型分散に対する寄与率は 8.0%であった。また、26-30、30-34、54-58、22-35 および 35-49 週齢の産卵率に関与する QTL を、第 1、11 および 19 染色体上に合計 6 個検出した。それらの QTL の表現型分散に対する寄与率は 4.0～8.0%の範囲であった。さらに、初産日齢、30-34 週齢産卵率、42-46 週齢産卵率、36-49 週齢産卵率に関与するエピスタシス QTL を各 1 組ずつ、合計 4 組検出した。これらの QTL は表現型分散に対し 6.0～8.0%の範囲で寄与するものであった。

②卵外部形質：卵重（初産時、300 日齢時および 400 日齢時）、卵長径（初産時、300 日齢時および 400 日齢時）、卵短径（初産時、300 日齢時および 400 日齢時）、卵殻色 L*値（300 および 400 日齢時）、卵殻色 a*値（初産時、300 日齢時および 400 日齢時）、ならびに卵殻色 b*値（初産時、300 日齢時および 400 日齢時）に関与する主効果 QTL を、第 1、4、5、8 および 11 染色体上に総計 25 個発見した。これらの QTL の表現型分散に対する寄与率は 4.0～15.0%であった。さらに、300 日齢時卵重に関与するエピスタシス QTL を 1 組発見した。この 1 組の QTL の表現型分散に対する寄与率は 6.1%であった。

③卵内部形質：卵黄重（初産時、300 日齢時および 400 日齢時）、卵黄長径（初産時、300 日齢時および 400 日齢時）、卵黄短径（初産時、300 日齢時および 400 日齢時）、卵黄色 L*値（初産時および 300 日齢時）、卵黄色 b*値（初産時および 300 日齢時）、卵黄高（初産時、300 日齢時および 400 日齢時）、卵白高（初産時、300 日齢時および 400 日齢時）、卵白重（初産時、300 日齢時および 400 日齢時）、濃厚卵白長径（初産時および 300 日齢時）、濃厚卵白短径（初産時および 300 日齢時）に関与する主効果 QTL を第 1、3、4、5、6、7、8 および 27 染色体上に総計 35 個検出した。これらの QTL の表現型分散に対する寄与率は 4.0～19.0%の範囲であった。さらに、卵黄高（初産時および 400 日齢時）、卵黄重（300 お

よび400日齢時)、卵黄長径(300および400日齢時)、400日齢時卵黄短径、400日齢時卵黄色L*値に関し、総計11組のエピスタシスQTLが発見された。これらのエピスタシスQTLの表現型分散に対する寄与率は6.1~12.0%の範囲であった。

以上の①、②、③を総計すると、卵関連形質に関し、主効果QTLが67個、エピスタシスQTLが16組発見されたことになる。卵関連形質におけるエピスタシスQTLの発見は、本件が世界初の例である。

(3)肉関連形質：非破壊ササミ肉色a*値に関与する主効果QTLを第3染色体上に1つ検出した。このQTLの表現型分散に対する寄与率は3.8%であった。また、モモ挽肉色a*値に関与する主効果QTLを第5染色体上ならびにZ染色体上に検出した。これらのQTLの表現型分散に対する寄与率は、それぞれ9.2%および1.9%であった。肉色QTLの他に、肝臓重量および卵巣重量に関与する主効果QTLをそれぞれ第4および第8染色体上に検出した。これらのQTLは、それぞれ表現型分散の5.8%および9.8%を説明するものであった。ササミおよびモモ肉色a*値に関与するQTLの発見ならびに肝臓重量および卵巣重量に関与するQTLの発見は、共に世界初の事例であると思われる。以上のQTLに加え、生体重、屠体重および脚長に関与するQTLを検出した。生体重QTLは第2および第4染色体上に検出され、その表現型分散に対する寄与率はそれぞれ3.8%および8.1%であった。一方、屠体重QTLは第4および第27染色体上に検出され、表現型分散に対する寄与率はそれぞれ6.9%および4.8%であった。脚長QTLは、第1、2、3、4および27染色体上に検出された。これらのQTLの表現型分散に対する寄与率は3.1~21.7%であったが、この最大の寄与率は第27染色体上のQTLによって示された。肉関連形質に関し、エピスタシスQTLは発見されなかった。

以上、本研究により、(1)の成長関連形質では主効果QTLが229個、エピスタシスQTLが18組、(2)の卵関連形質では主効果QTLが67個、エピスタシスQTLが16組、そして(3)の肉関連形質では主効果QTLが14個発見された。(1)、(2)、(3)を合計すると、本研究によりニワトリの経済形質に関与する主効果QTLが310個、エピスタシスQTLが34組検出されたことになる。この検出数は、1研究グループが発見したQTL数としては世界最大数のものであると考えられる。今後、発見されたQTLの内、表現型分散に対する寄与率が大きなものに対し、single nucleotide polymorphism (SNP)マーカーを用いるなどして、さらに詳細にその存在領域を明らかにすることにより、DNA育種が可能になると考えられる。

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4件)

- ① 都築政起, 2010. 日本鶏における形態的・遺伝的多様性ならびにその利用. 岡山実験動物研究会報 26: 印刷中. (招待, 査読無)
- ② 都築政起, 2009. ニワトリ育種の過去・現在・10年後. 動物遺伝育種研究 37: 161-164. (招待, 査読無)
- ③ 都築政起, 後藤直樹, 2009. ニワトリおよびウズラにおける遺伝育種学的研究の100年. 日本家禽学会誌 46 (J1): J23-J29. (査読有)
- ④ Tsudzuki M, Onitsuka S, Akiyama R, Iwamizu M, Goto N, Nishibori M, Takahashi H, and Ishikawa A, 2007. Identification of quantitative trait loci affecting shank length, body weight and carcass weight from the Japanese cockfighting chicken breed, Oh-Shamo (Japanese Large Game). Cytogenet Genome Res 117: 288-295. (招待, 査読有)

[学会発表] (計37件)

- ① 吉田 農, 他, 「大シャモと白色レグホーンに基づく資源家系を用いた脚長形質遺伝子座の検出」日本家禽学会2010年度春季大会, 2010年3月30日, 東京
- ② 中原崇博, 他, 「20週齢時鶏肉のa*値(赤色系色彩)に関与するQTL」日本家禽学会2010年度春季大会, 2010年3月30日, 東京
- ③ 後藤達彦, 他, 「ニワトリの卵殻色に関与するQTLの経時的変化」日本家禽学会2010年度春季大会, 2010年3月30日, 東京
- ④ 吉田 農, 他, 「大シャモと白色レグホーンの交雑F₂を用いた体重増加量のQTL解析」日本畜産学会第112回大会, 2010年3月29日, 東京
- ⑤ 後藤達彦, 他, 「ニワトリの卵外部形質に関与する主効果およびエピスタシスQTLの発見」日本畜産学会第112回大会, 2010年3月28日, 東京
- ⑥ 都築政起 (招待講演) 「日本鶏における形態的および遺伝的多様性ならびにその利用」第58回岡山実験動物研究会, 2009年11月27日, 岡山
- ⑦ 中原崇博, 他, 「20週齢時ニワトリの肉関連形質に関するQTL解析」日本動物遺伝育種学会第10回記念大会, 2009年11月9日, 前橋
- ⑧ 後藤達彦, 他, 「ニワトリの400日齢時卵殻色に関与する主効果QTLの発見」

- 日本動物遺伝育種学会第10回記念大会，2009年11月9日，前橋
- ⑨ 吉田 農，他、「20週齢時以降のニワトリ体重に関与する時期特異的QTLの検出」日本動物遺伝育種学会第10回記念大会，2009年11月9日，前橋
- ⑩ 都築政起（招待特別講演）「ニワトリ育種の過去・現在・10年後」日本動物遺伝育種学会第10回記念大会，2009年11月9日，前橋
- ⑪ 後藤達彦，他、「ニワトリの卵内部形質に関与する第8染色体上のQTL」日本畜産学会第111回大会，2009年9月28日，沖縄・西原
- ⑫ 後藤達彦，他、「ニワトリの卵形質に関与するZ染色体上のQTL」日本家禽学会2009年度秋季大会，2009年9月27日，沖縄・西原
- ⑬ 後藤達彦，他、「ニワトリの産卵率に関与するエピスタシスQTLの発見」第59回関西畜産学会大会，2009年8月28日，鳥取
- ⑭ Goto T et al., Quantitative trait loci for eggshell-related traits in the F₂ families from the Oh-Shamo (Japanese Large Game) and White Leghorn. Poultry Science Association 98th Annual Meeting, July 23, 2009, Raleigh, North Carolina, USA
- ⑮ 吉田 農，他、「ニワトリの体重に関与するQTLの経時的変化」日本畜産学会第110回大会，2009年3月29日，湘南
- ⑯ 後藤達彦，他、「ニワトリの初産日齢に関与するエピスタシスQTLの発見」日本家禽学会2009年度春季大会，2009年3月28日，湘南
- ⑰ 後藤達彦，他、「ニワトリの300日齢時卵殻色に関するQTL解析」日本畜産学会第110回大会，2009年3月27日，湘南
- ⑱ 後藤達彦，他、「ニワトリの産卵能力に関するQTL解析」日本動物遺伝育種学会第9回大会，2008年11月29日，岡山
- ⑲ 吉田 農，他、「大シャモと白色レグホーンに基づくF₂資源家系を用いた脚長形質のQTL解析」日本動物遺伝育種学会第9回大会，2008年11月29日，岡山
- ⑳ 鬼塚慎一，他、「ニワトリの体重および臓器重量に関するQTL解析」日本動物遺伝育種学会第9回大会，2008年11月29日，岡山
- ㉑ 中原崇博，他、「鶏肉の色彩に関するQTL解析」日本動物遺伝育種学会第9回大会，2008年11月29日，岡山
- ㉒ 吉田 農，他、「シャモと白色レグホーン之交雑F₂を用いた脚長形質のQTL解析」第58回関西畜産学会大会，2008年9月2日，神戸
- ㉓ 後藤達彦，他、「ニワトリの卵内部形質に

関するQTL解析」第58回関西畜産学会大会，2008年9月2日，神戸

- ㉔ 後藤達彦，他、「ニワトリの卵殻関連形質に関するQTL解析」日本家禽学会2008年度秋季大会，2008年8月29日，十和田
- ㉕ 後藤達彦，他、「ニワトリのF₂資源家系を用いた卵関連形質に関するQTL解析」日本畜産学会第109回大会，2008年3月27日，水戸
- ㉖ 後藤達彦，他、「ニワトリの卵関連形質に関するQTL解析」日本家禽学会2007年度秋季大会，2007年9月29日，岡山

〔図書〕（計2件）

- ① 都築政起，広大生物圏出版会、家畜の過去・現在・未来. In: 動物とのふれあいを通じて学ぶアニマルサイエンス、2007、pp. 1-37.
- ② Tsudzuki M et al., Karger, Identification of quantitative trait loci affecting shank length, body weight and carcass weight from the Japanese cockfighting chicken breed, Oh-Shamo (Japanese Large Game). In: Avian Genomics in Evolution, Agriculture and Health. 2007, pp.288-295.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

都築 政起 (TSUDZUKI MASAOKI)
 広島大学・大学院生物圏科学研究科・教授
 研究者番号：70212058

(2) 研究分担者

石川 明 (ISHIKAWA AKIRA)
 名古屋大学・大学院生命農学研究科・准教授
 研究者番号：20211724

(3) 連携研究者

()

研究者番号：