

機関番号：11301
 研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20380148
 研究課題名（和文） 化学生態学と行動生態学の融合による多様な植生下での草食家畜の採餌行動制御法の開発
 研究課題名（英文） Development of foraging control in herbivore livestock under diverse vegetation by integrating chemical ecology and behavioral ecology
 研究代表者
 小倉 振一郎（OGURA SHINICHIRO）
 東北大学・大学院農学研究科・准教授
 研究者番号：60315356

研究成果の概要（和文）：草食家畜が植物を餌として認知するには、視覚、嗅覚などの遠隔情報、および触覚、味覚などの摂取時の情報が機能する。草食家畜は多様な植生下において、これらの情報すべてを自分自身の経験に照合して植物の形態、量および質の特徴を捉え、植物種選択を行っていた。特に食べやすく（一口量大）、甘味の強い植物を強く好む傾向にあった。これらの情報の連合学習は、多様な植生下で草食家畜の摂食行動制御に有効である。

研究成果の概要（英文）：Plant characteristics of view, smell, tactile sense and taste function as information when herbivore livestock recognizes plants as feed. Herbivore livestock selected plant species by verifying the information based on its past experiences, and recognized morphological characteristics, quality and quantity in diverse vegetation. Particularly, herbivores tended to strongly prefer feeds with large bite size and sweet taste. Associative learning of these factors is effective to control foraging behavior of herbivore livestock in diverse vegetation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	8,600,000	2,580,000	11,180,000
2009年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2010年度	3,100,000	930,000	4,030,000
年度			
年度			
総計	14,800,000	4,440,000	19,240,000

研究分野：草地利用学

科研費の分科・細目：畜産学・獣医学，畜産学・草地学

キーワード：香気物質，経験，視覚情報，植物形態，選択採食，放牧家畜，味覚物質，野草地

1. 研究開始当初の背景

牛や山羊などの草食動物は、自身の生命の維持および繁殖に必要なエネルギーと養分を獲得するため、多様な植生の中にあってもそこから好適な餌を選択し、不適な餌を避け、効率良く摂取する能力を有するといわれている。家畜においても、同様の能力が備わっていることが多くの研究から明らかにされている。こうした放牧家畜の選択採食は、放牧地生態系における植生変化の最大要因の

一つであり、「未利用植物資源を利用した家畜生産」ならびに「草食家畜による植生制御・管理」のいずれにとっても、そのメカニズムの解明が不可欠である。

草食家畜が植物を餌として認知し摂取する過程は、1) 視覚および 2) 嗅覚といった摂取前の過程および 3) 触覚および 4) 味覚といった摂取時の過程を経て、総合的に判断される。これまで、草食家畜の植物種選択のメカニズムとそれに影響を及ぼす要因の解明につい

ては、「養分摂取速度の最大化」(究極的要因)の観点から多くの知見が得られている。また同時に、動物は餌となる植物を嗅覚や味覚などの化学的因子、色や大きさなどの視覚的因子、固さや棘の有無などの物理的因子(至近的要因)によって認知し、選択していることも知られている。特に、植物の匂いと味は物質投与など人為的操作が比較的容易であることから、放牧家畜群の餌選択の制御に有効であると考えられている。しかし、草食家畜の採餌メカニズム解明に関するこれまでの国内外の研究をみる限り、至近的要因および究極的要因を扱う研究はそれぞれ別々に展開され、両者を統合して解明を目指した研究はきわめて乏しい。こうした背景から、草食動物の採餌メカニズムを完全に理解し、放牧家畜生産の現場に応用するためには、1)植物の香り・味覚成分が養分摂取速度に及ぼす影響の解明、2)省力的・効果的な家畜の餌選択制御法確立のための植物由来物質の利用技術の開発、が必要である。

わが国の野草地および耕作放棄地の植生は、50-100種以上の植物種で構成されるため、各植物種が持つ香り・味覚物質はきわめて多様である。したがって、放牧家畜はそれらを認知し、判断して餌植物選択し、摂取していると考えられる。またわが国の野草地や耕作放棄地では、家畜の摂食行動や養分摂取速度と関係の深い植物の空間分布もきわめて多様である。すなわちススキ、ササ等のイネ科植物をはじめ、広葉草本、シダ植物、低木類および高木類など多様であることに加え、背丈が2mを超える植物が繁茂するため、餌となる茎葉部は家畜の足元から頭上まで幅広く立体的に分布している。そのため、家畜は水平方向だけでなく垂直方向にも餌を探索し、認知・選択の後に摂取しなければならない。欧米を中心とした草食家畜の水平方向の餌場認識-選択-摂取過程の解析では、「地面からほぼ垂直に生える短草を、家畜が頭を下げて喫食する」という行動が前提であるが、上述のようなわが国の多くの野草地植生では、家畜が頭を上げて長草や木本を摂取する光景が多く認められる。垂直方向の動きもまた、家畜の養分摂取と密接な関わりがあると考えられるが、既存の研究の多くは餌場の分布や家畜の餌探索行動を水平方向のみに着目しているため、ウシなどの草食家畜が垂直方向にどのように餌を探索し、認識し、摂取するのかについてはほとんど知られていない。したがって、草食家畜の餌場としての植生を3次元的に捉えて採餌のメカニズムを解明するというまったく新しい着想が必要である。

2. 研究の目的

本研究は、(1)草食家畜に対して誘引・忌

避効果を示す植物由来の香り・味覚物質の同定と利用技術の開発、および(2)草食家畜による植生の3次元空間認識能の解明、という2つの面から進展させることにより、草食家畜の放牧による省力的かつ確かな植生制御法の確立を目指す。課題(1)では、草食家畜の採餌メカニズムについて、植物の香り物質および味覚物質の解析を中心とした至近的要因の面からアプローチする。課題(2)では、植生の3次元構造すなわち立体配置が草食家畜の採餌行動と養分摂取速度に及ぼす影響について、人為処理試験およびフィールド調査から明らかにする。研究の最終段階として、課題(3)植物由来物質を用いた放牧家畜の植生利用制御法の検討を、舎飼および放牧下での試験を通じて解明する。これにより、植物由来高嗜好性物質を用いた草食家畜の餌選択制御による、省力的かつ確かな植生制御法を提案するための新たな知見を得る。

3. 研究の方法

(1)草食家畜に対する誘引・忌避効果を示す植物由来香り・味覚物質の同定と利用技術の開発

①多様な植生下における放牧家畜の植物種選択性の実態解明

放牧牛に対する野草地植物の選択性の定量化と摂食行動の特徴：宮城県内山地放牧地内の野草地A区(40-42種存在、草本と木本が混在する多様な植生)およびB区(27-35種存在、ススキが優占)において、6-7月と9-10月に調査を行った。各区内に5m×2mの調査区を4-5ヶ所設け、各区内の160地点について、高さ0-2mに出現する植物種と部位を出現数として記録し、植物種別の存在割合と高さ別空間密度を求めた。肉用牛を各区に1頭ずつ歩かせ、摂取植物種と部位、採食高を記録し、高さ別植物採食割合と植物種別選択指数を求めた。次いで、放牧牛の野草選択性を示した選択指数(SI)が高い植物種および低い植物種から、7月上旬(夏)に7種(ススキ、チマキザサ、フキ、ヨモギ、タニウツギ、クマイチゴ、キツネヤナギ、トリアシショウマ、エゾアジサイおよびワラビ)、10月上旬(秋)に12種(夏の10種に加えハルガヤおよびノコンギク)をA区およびB区から採取した。植物はウシの摂食行動を真似た摘み取り法によって採取し、放牧牛のバイトサイズを推定した。

植物量の減少にともなう野草地放牧牛の植物種選択性の変化：ススキ優占草地において、黒毛和種繁殖雌牛4頭を用いて6-7月に実施した。主要植物種はススキ、チマキザサ、短草型単子葉植物(ハルガヤおよびスゲ類)およびタニウツギであった。この草地内に5m×8mの調査区を設けて牧柵で囲み、

その中に1 m×4 mの摂食エリアを固定し、周囲を針金（高さ40 cmと100 cm）で囲い、ウシがエリア内を踏まないようにした。また摂食エリア周囲の植物を刈り払った。手順1. 放牧前植生として、摂食エリア内植生の空間密度を高さ別、植物種別に記録し、我々が作成した較正式により植物現存量に変換した。2. 調査区にウシを1頭入れ、10分間摂食させ、行動をビデオカメラで記録した。その直後の植生を放牧前と同じ方法で調査した（1回放牧後）。さらに上記2の作業を2回繰り返し、摂食直後の植生を調査した（2回および3回放牧後）。

②高嗜好性および低嗜好性植物から放出される香気・味覚物質の同定と家畜に対する反応性の解析

各植物種に特徴的な香気・味覚物質の同定：上記①で得られた植物採取物から、植物種別に新鮮物で約500 gをそれぞれサンプリング（ススキ、チマキザサ、ヨモギ、タニウツギ、クマイチゴ、エゾアジサイ、ワラビ、トリアシショウマ、フキ、キツネヤナギ、ハルガヤおよびノコンギク）し、-20°Cで保存し、養分含量（TDN、粗タンパク質、ミネラル）、香気物質（緑葉ヘッドスペースをGC-MSに供試）、および味覚物質（単糖、二糖、アミノ酸組成、タンニン、総フェノール）を分析した。さらにこれらの分析結果と、各植物種のSIとの関係を解析した。

植物の香気物質および味覚物質の家畜に対する反応性の解析-1：牛舎内のペン（1.0 m×1.8 m）の中央に保定枠（7.6 m×10 m）を設置し、黒毛和種繁殖雌牛5頭を1頭ずつ保定枠に入れ、鼻先に植物を提示して選択させた。ウシにアイマスクを装着し、視覚的情報が得られない条件下で植物種選択性を評価するため、すべての供試牛を試験前に試験環境および試験者に十分馴致させた。供試植物種として、ススキ（SI大、主に青葉臭成分）、チマキザサ（SI中、主にセスキテルペン類）およびワラビ（SI小、主にC₈化合物）の地上部を試験2時間前に野草地から収穫して用いた。収穫の際、いずれの植物も葉を傷つけないように、かつ表面積がほぼ同じになるよう植物種別に重量をそろえた。ウシへの提示は2種同時に行った。組み合わせとしてi) ススキとチマキザサ、ii) ススキとワラビおよびiii) チマキザサとワラビ、とした。試験回数は、同じ組み合わせで目隠し無しで10回、次いで目隠しをした状態で10回提示した。

植物の香気物質および味覚物質の家畜に対する反応性の解析-2：野草地放牧経験のある黒毛繁殖雌牛を、野草給与群（3頭）と対照群（3頭）に分けた。馴致期間（7日間）には、4つの餌槽に乾草を1 kgずつ入れ、60

分間提示した。次いで味覚物質への選択性を確認するため、スクロース（S；25 g/kg）およびタンニン酸（T；50 g/kg）を添加した同一の乾草を馴致期間と同様の方法で提示し、採食開始から30分後および採食終了後に採食量を計測した。さらに野草給与群に野草の匂いを経験させるため、野草新鮮葉（ススキ1 kg×2個、ワラビ1 kg×2個）を20分間提示し、その後乾草（0.9 kg×4個）を給与した（5日間）。対照群には乾草のみを4 kg、60分間給与した。味覚物質および香気物質添加試験（4日間）として、同一の乾草1 kgに味覚物質（S、T）と香気物質（人工ススキ臭、人工ワラビ臭）を組み合わせで添加し、両群に60分間提示し、採食量を計測した。採食の様子をビデオカメラで記録し、最初にアクセスした飼料、各飼料へのアクセス回数、採食時間および摂取速度を解析した。

(2) 草食家畜による植生の3次元空間認識能の解明

①調査器具の製作とその有効性の検討

プラスチック資材を用いた構造物（H 2 m×L 5 m×W 1 m）を作成した。ウシがその内部を歩いて連続的に餌を摂食できるような構造である。飼料として、乾草を10 gずつ、10 cmの長さに揃え、地面から20 cm、90 cm（概ね口高に相当）および170 cmに配置し、ウシ（ホルスタイン種成牛）5頭に与え、摂取行動を観察した。次いで、チマキザサの分けつ（長さ30 cm）を配置し、ウシに摂食させた。

②植生の立体配置の違いに対する採餌反応の解明

上記の摂食試験器具に一定の長さ（10 cm）と重量（10 g/個）のチモシー乾草を異なる2つの高さに配置してウシによる摂食試験を行った。あらかじめ供試牛の立位安静時の口高を測定し、次いで予備試験として各個体の口高に餌を設置し（合計20個）、通路内を歩かせ、摂食行動をビデオカメラで記録した。試験1. 各個体の口高を基準の餌高とし、1本の垂直ポール（左右両側とも）に次のように2つの餌を配置した（餌数は合計40個）：i) 口高±10 cm, ii) 口高±30 cm, iii) 口高±50 cmおよびiv) 口高±70 cm、と広げていき、摂食行動（餌獲得数、獲得した餌の高さ）および摂食効率（=単位時間あたりに獲得した餌の個数）の変化を解析した。試験2. 各個体の口高を基準の餌高とし、1本の垂直ポール（左右両側とも）に次のように2つの餌を配置した：i) 口高と口高+10 cm, ii) 口高と口高+30 cm, iii) 口高と口高+50 cm, iv) 口高と口高+70 cm, v) 口高と口高-10 cm, vi) 口高と口高-30 cm, vii) 口高と口高-50

cm, viii)口高と口高-70 cm。摂食行動(餌獲得数, 獲得した餌の高さ)および摂食効率(=単位時間あたりに獲得した餌の個数)の変化を記録した。

(3)植物由来物質を用いた放牧家畜の植生利用制御法の検討

オーチャードグラス/トールフェスク優占放牧草地に, 8 m×4 mの実験区を4つ設けた。内部をさらに1 m×1 mのパッチに区切った後, 草高(H; 29-31 cm, L; 17-20 cm), 味覚物質(S; スクロース, T; タンニン酸)および香気物質(N; 無添加, W; 人工ワラビ臭)の異なる8処理を施した。試験前日に草高処理, 各パッチの草量(草量計), 草高および被度を測定した。現物草重量1 kgあたり味覚物質S(25 g)およびT(50 g)を水に溶解し, 香気物質N(n-pentaneのみ)およびW(1パッチあたり1, 3-Octadiene: 3-Octanol: 1-Octen-3-ol: 3-Octanone=4:4:10:40 μlをn-pentaneに希釈)を, 試験直前に散布した。各実験区に2時間絶食した供試牛1頭を30分間放牧し, 訪問パッチの位置, 滞在時間およびバイト数をビデオカメラで記録した。放牧開始から10分ごとの各処理パッチのアクセス回数, 滞在時間, 総バイト数, 採食量および摂取速度を解析した。全試験終了後に, HおよびLパッチの実草量とバイトサイズ(手摘み法)を測定した。

4. 研究成果

(1)草食家畜に対する誘引・忌避効果を示す植物由来香気・味覚物質の同定と利用技術の開発

①多様な植生下における放牧家畜の植物種選択性の実態解明

放牧牛に対する野草地植物の選択性の定量化と摂食行動の特徴: A区とB区との間で植物種選択性の特徴は大きく異なったが, 牛は植物種(草本, 木本)によらず葉部空間密度の大きい高さから多くのバイトをする現象が見出された(P<0.05)。また, 夏のA区および秋のB区において, SIとバイトサイズの間には, 正の相関関係が認められた(P<0.05)。一方, 養分含量はSIの説明要因とはならなかった。家畜の食欲高揚時には, 可食部バイトサイズの大きい植物種を, 葉が多く存在する高さから摂取するというメカニズムが解明された。

植物量の減少にともなう野草地放牧牛の植物種選択性の変化: 摂食時間と摂食量(/10分間)は, いずれも植物量の減少にともない減少した。植物現存量が901 g/4 m²(放牧1回目)のとき, 現存量が最も多いススキ(367 g/4 m²)の採食割合は80.3%を占めたが, し

かし2番目に現存量の多かったタニウツギ(277 g/4 m²)はほとんど摂食されなかった(2.1%)。摂食が進み現存量が604 g/4 m²(採食2回目)に減少したとき, ススキの採食割合は現存量が減少(130 g/4 m²)しているにもかかわらず高く維持された(52.0%)。さらに摂食が進み現存量が505 g/4 m²(採食3回目)に減少したとき, 最も選択する植物種がススキ(27.1%)から短草(32.7%)へとシフトした。チマキザサとタニウツギの採食割合は, 現存量の減少(901 g/4 m²→505 g/4 m²)にともなって高くなった(チマキザサ: 8.6%→13.6%, タニウツギ: 9.0%→26.6%)。本試験によって, 植物現存量の減少にともなう野草地放牧牛の植物種選択性のシフトと可食部現存量の関係が定量的に示された。

②高嗜好性植物から放出される香気・味覚物質の同定と家畜に対する反応性の解析

各植物種に特徴的な香気・味覚物質の同定: SIとスクロース含量は, 夏のA区において正の相関が見られた(P<0.05)。SIと縮合タンニンとの相関は, 夏のB区において負の相関が認められた(P<0.05)。SIと総フェノール含量との関係は, 夏のA区においては正の, 夏のB区においては負の相関となった(P<0.05)。アミノ酸含量はいずれの時期および植生においても有意な関係はみられなかった。このように, SIと味覚物質含量との相関関係は牧区および季節間で大きく異なり, 野草地における放牧牛の選択性を十分に説明できなかった。一方, 植物種間で香気物質の特徴に大きな違いがあることから, 草食家畜は香気物質を手がかりに植物種を識別している可能性が示唆された。

植物の香気物質および味覚物質の家畜に対する反応性の解析-1: ウシは, 視覚情報が得られる場合はススキを強く選択し, ワラビを忌避し, 選択性はススキ>チマキザサ>ワラビとなった。この結果は目隠し下でも同様となり, ススキとチマキザサではススキを64%選択し, またワラビを100%忌避した(P<0.05)。ウシは視覚情報が得られない場合でも植物由来香気物質を嗅覚で認知し, 植物種を識別して摂食できることが明らかとなった。しかし目隠し下では, ウシがワラビを口に入れた後に摂食を拒否する動作が数回認められ, かつ選択するまでに長い時間を要した。これより, 放牧地では嗅覚のみで完全に植物種を識別しているのではなく, まず植物の視覚的特徴が大きな手掛かりとなっている可能性が高い。

植物の香気物質および味覚物質の家畜に対する反応性の解析-2: 野草給与群は野草新鮮葉給与時においてススキを摂取し, ワラビは摂取しなかったが, 探査する行動は観察された。両群とも甘味添加飼料を多く採食した

($P < 0.01$) が、野草の匂いを添加したことによる餌選択性および採食量への効果は認められなかった。この試験では、提示飼料が視覚的に乾草であったにもかかわらず匂い成分に野草の擬似臭が添加され、さらにおなじ視覚的・嗅覚的情報でありながらさらに味覚物質が異なるという設定であったため、供試牛の過去の経験に基づく植物(飼料)の形態、匂いおよび味と本試験の提示飼料とが一致せず、結果としてすべての飼料の味を確認しながら飼料選択を行ったものと考えられる。野草地においても、新規植物種を摂取する際など、視覚・嗅覚から得られた情報と動物個体の経験とが一致しない場合、サンプリングにより味を確認して摂取-忌避を判断すると考えられる。

(2) 草食家畜による植生の 3 次元空間認識能の解明

① 調査器具の製作とその有効性の検討

供試牛を試験環境に馴致させることにより、すべての供試牛が安静な状態で、構造物を破壊することなく、確実に給与飼料を摂取することを確認した。本研究で作成した構造物は、ウシの進行方向に 50 cm 間隔(ウシのフィーディングステーションサイズに相当)で餌を固定でき、かつ垂直方向には 0 cm から 200 cm まで任意の高さに固定できる。このような研究器具と研究方法は、過去に研究には例を見ない、まったく新しい実験系である。

② 植生の立体配置の違いに対する採餌反応の解明

獲得餌数は餌の高さの差が大きくなるにつれて減少したが、餌獲得速度(=餌獲得数/観察時間)については餌の高さの差が増大しても概ね一定であった。上下のスイッチ回数は、餌の高さの差が大きくなるにつれて減少した。左右のスイッチに比べ、上下のスイッチはウシの摂取速度に大きな影響を及ぼしていること、および同じ高さの餌を連続して摂取することでウシは摂取速度を保ちながら採食していることが明らかとなった。さらに本研究により、ウシでは口高よりも上、下いずれに餌が配置されていても、摂取速度および選択性に大きな違いは見られないことが明らかとなった。この知見は、野草地において樹葉などの可食植物が家畜の頭上に存在した場合も、放牧家畜は十分認識して短草摂取と同様に摂取できることを示唆する。

(3) 植物由来物質を用いた放牧家畜の植生利用制御法の検討

パッチへのアクセス回数、滞在時間、総バイト数、採食量および摂取速度すべてに対し

て草高および味覚物質による主効果が認められたが、香気物質の効果はみられなかった。放牧牛は草高が大きくバイトサイズが大きいパッチを選択し、さらにそこで甘味と渋味を確認しながら、甘パッチから多く採食をした。さらに放牧の進行に伴い高嗜好パッチの可食部現存量が減少すると、低草高(低バイトサイズ)かつ甘味パッチを選ぶ個体と、高草高(高バイトサイズ)かつ渋味パッチを選ぶ個体に分かれた。放牧牛はまず視覚により遠隔場所から植物の形態的特徴をとらえ植物種の食べやすさ(バイトサイズ)を判断し、次いで香気物質を認識するが、香気物質ではパッチの質を判断できない場合はさらに味覚により摂取-忌避を判断している。また、食べやすさと甘味の両方を制御することで、草食家畜のパッチへの訪問およびそこでの滞在と摂取を制御できることが本試験で示された。

一連の成果から、草食家畜は視覚、嗅覚および味覚すべての情報で野草植物の形態的、量的および質的特徴をとらえ、さらに動物自身の経験に基づき摂取/忌避を判断するというメカニズムが示された。また、未経験の植物に遭遇した場合、食べやすさ、匂い、および味を確認しながら学習することが明らかとなった。放牧牛の植物種選択性に関する選考研究の文献調査によれば、放牧地に存在する植物種数のうち、平均すると約 6 割の植物種がウシに摂取されている。野草植物種中には、複数の味覚物質が様々な濃度で存在し、複雑な味を呈する 경우가多いが、放牧家畜が摂取する植物種についても、その香りと味は多様である。本研究では、草食家畜によるパッチの選択性は、養分摂取速度に密接に関与する食べやすさ(バイトサイズ)および甘味に強く影響される傾向が強かったことから、これらの要因を家畜に連合学習させることにより、多様な植生下において草食家畜に対して特定のパッチを選択/忌避できると考えられる。

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 1 件)

- ① Ogura, S., Diet selection and foraging behavior of cattle on species-rich, Japanese native grasslands, Journal of Integrated Field Science, 査読無, 2011, 8 巻, 印刷中

[学会発表] (計 15 件)

- ① 横山美沙・堀 雅敏・田中繁史・佐藤和也・小倉振一郎, 放牧牛のパッチ選択における植

物の草高，味覚物質および香気物質の効果，日本草地学会 2011 年度宇都宮大会，2011 年 3 月 25 日，宇都宮大学（栃木県宇都宮市）

②横山美沙・堀 雅敏・小倉振一郎，ウシの粗飼料選択性と摂取量に及ぼす植物由来香気物質および味覚物質の効果，日本草地学会 2011 年度宇都宮大会，2011 年 3 月 25 日，宇都宮大学（栃木県宇都宮市）

③Yokoyama, M., Hori, M. and Ogura, S., Do cattle choose preferred plant species without visual sense? The 8th International Symposium of Integrated Field Science, September 18, 2010, 東北大学川内北キャンパス（宮城県仙台市）

④Tomimatsu, H., Yokoyama, M. and Ogura, S., Quantification of bite size, bite rate and intake rate in cattle foraging Japanese native grasses, The 8th International Symposium of Integrated Field Science, September 18, 2010, 東北大学川内北キャンパス（宮城県仙台市）

⑤小倉振一郎・前川悠衣・田中繁史，遊休桑園における放牧経験の違いがウシの桑葉摂取行動に及ぼす影響，日本草地学会 2010 年度三重大会，2010 年 3 月 27 日，三重大学生物資源学部（三重県津市）

⑥富松 元・小倉振一郎，ススキ優占草地における非破壊的バイオマス推定法の提案，日本草地学会 2010 年度三重大会，2010 年 3 月 27 日，三重大学生物資源学部（三重県津市）

⑦富松 元・横山美沙・小倉振一郎，植物量の減少にともなう野草地放牧牛の植物種選択性の変化，日本草地学会 2010 年度三重大会，2010 年 3 月 27 日，三重大学生物資源学部（三重県津市）

⑧横山美沙・堀 雅敏・小倉振一郎，多様な植生下における草食家畜の採餌メカニズムの解明． 4．植物の選択性と糖分含量との関係，日本草地学会 2010 年度三重大会，2010 年 3 月 27 日，三重大学生物資源学部（三重県津市）

⑨横山美沙・堀 雅敏・小倉振一郎，多様な植生下における草食家畜の採餌メカニズムの解明． 3．ウシの植物種選択における嗅覚の役割，日本草地学会 2010 年度三重大会，2010 年 3 月 27 日，三重大学生物資源学部（三重県津市）

⑩横山美沙・堀 雅敏・小倉振一郎，多様な

植生下における草食家畜の採餌メカニズムの解明． 2．植物の選択性とバイトサイズ，養分含量および香気成分との関係，日本草地学会 2009 年度藤沢大会，2009 年 3 月 29 日，日本大学生物資源学部（神奈川県藤沢市）

⑪横山美沙・堀 雅敏・小倉振一郎，多様な植生下における草食家畜の採餌メカニズムの解明． 1．野草地における植生と放牧牛の採餌行動の重ね合わせによる植物種選択性の評価，日本草地学会 2009 年度藤沢大会，2009 年 3 月 29 日，日本大学生物資源学部（神奈川県藤沢市）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小倉 振一郎 (OGURA SHINICHIRO)
東北大学・大学院農学研究科・准教授
研究者番号：60315356

(2) 研究分担者

堀 雅敏 (HORI MASATOSHI)
東北大学・大学院農学研究科・准教授
研究者番号：70372307

(3) 連携研究者

()

研究者番号：