

GPS とバイトカウンター首輪を用いたウシの採食行動調査 — ブラジル・南パンタナール, バイア・ボニータ農場における乾季の事例 —

丸山浩明*・仁平尊明・コジマ = アナ**

I はじめに	IV-2 移動経路
II 研究対象地域	IV-3 土地分類と移動距離
III 研究方法	IV-4 採食量と土地分類
IV 結果	V 牧養力推定の試み
IV-1 移動距離と採食回数	VI おわりに

キーワード：パンタナール, 採食行動, GPS, バイトカウンター首輪, 乾季

I はじめに

本稿は、天然草地に依存する伝統的な肉牛の仔取繁殖・素牛育成地域であるブラジル・南パンタナールのファゼンダ・バイア・ボニータを事例として、放牧牛にハンディ GPS とバイトカウンター首輪とを同時に装着して、ウシの移動や休息、採食行動を詳細かつ連続的に解明することを目的とする。その結果、放牧が植生に及ぼす影響力を空間的に分析できるようになり、牧養力の厳密な算定や、湿地の脆弱な天然草地を維持管理しつつ持続的な牧畜経営を実現する牛群管理システムの提案に寄与することができると考えられる。

ただし、パンタナールのような熱帯湿原において牧養力を測定するに際しては、雨季と乾季で牧草地の面積が変化することに注目しなければならない。すなわち、上述の目的を達成するためには、季節ごとにウシの採食行動を測定する必要がある。雨季の測定結果は、すでに Maruyama and Nihei (2007) によって報告されている。本研究は、Maruyama and Nihei (2007) では提示されなかった乾季の測定結果を提示し、簡便な方法により牧養力の推定を試みるものである。

天然草地に依存する伝統的な牧畜地帯では、牧養力 (grazing capacity, carrying capacity)、すなわち草地の生産力を維持しつつ飼養できる最適な放牧家畜頭数を算定し、それを経営に反映させることが重要である。牧養力を超えて過放牧 (overgrazing) になれば、放牧庄の強化とともに草地は裸地化し、さらに牧養力が低下して過放牧を助長する結果となる。逆に、家畜の放牧庄が弱まれば、草地の植物組成が変わり、灌木林や森林への植物遷移を通じて牧養力の低下を招くことが危惧される。

家畜の適正な放牧規模 (飼養頭数) を算定するためには、具体的な地域や牧場に即して、植生 (土

* 立教大学文学部, ** マトグロッセドスル連邦大学獣医学部

地被覆)分布や家畜の採食行動を詳細に分析する必要がある。換言すれば、家畜がいつ、どこで、どのような植物をどの位食べているのかを、定量的に把握することが重要である。しかし、昼夜を問わず動き回り草をはむ家畜の行動を、広い空間の中で連続的かつ定量的に記録することは難しく、その安定的な計測方法の確立は急務といえる。

こうした中で、近年注目を集めているのが、GPSを搭載した動物追跡用の首輪である。一般にGPS首輪とかGPSカラー(GPS collar)、あるいはGPSテレメトリシステム(GPS telemetry system)と呼ばれるこの装置は、従前の観察者による目視や、発信器による地上波追跡では得られなかった動物の詳細な移動データを、少ない場所的・時間的制約のもとで取得できる利点を備えている。

そのため、近年、とりわけ捕獲や追跡が難しい野生動物の生態調査で、その有効性や実用性が立証されている¹⁾。GPS首輪は、野生動物に限らず、ヒツジやヤギ、ウシなどの家畜にも装着され、おもに畜産学などでその行動解析が進められている。

例えば、北海道農業研究センターでは、寒地中規模酪農に有効な集約放牧技術を確立する目的で、搾乳牛の行動をGPSで測定し、牧区や水飲み場などの適正配置を解明しようとしている。また、GPSとウシ採食時の顎運動回数を自動計測するバイトカウンター首輪を併用し、草地状況とウシの採食地や採食量との関係を明らかにしようとしている²⁾。

また、杉本ほか(2005)は、水飲み場の移動が放牧牛の行動圏を移動させ、林内放牧の適切な管理に有効であることを、GPS首輪による15分間隔の移動調査から解明している。また、安江ほか(1994, 1999)は、GPSを装着した放牧家畜の位置精度の検証や、放牧牛群の休息場所と気象条件との関係を分析している。

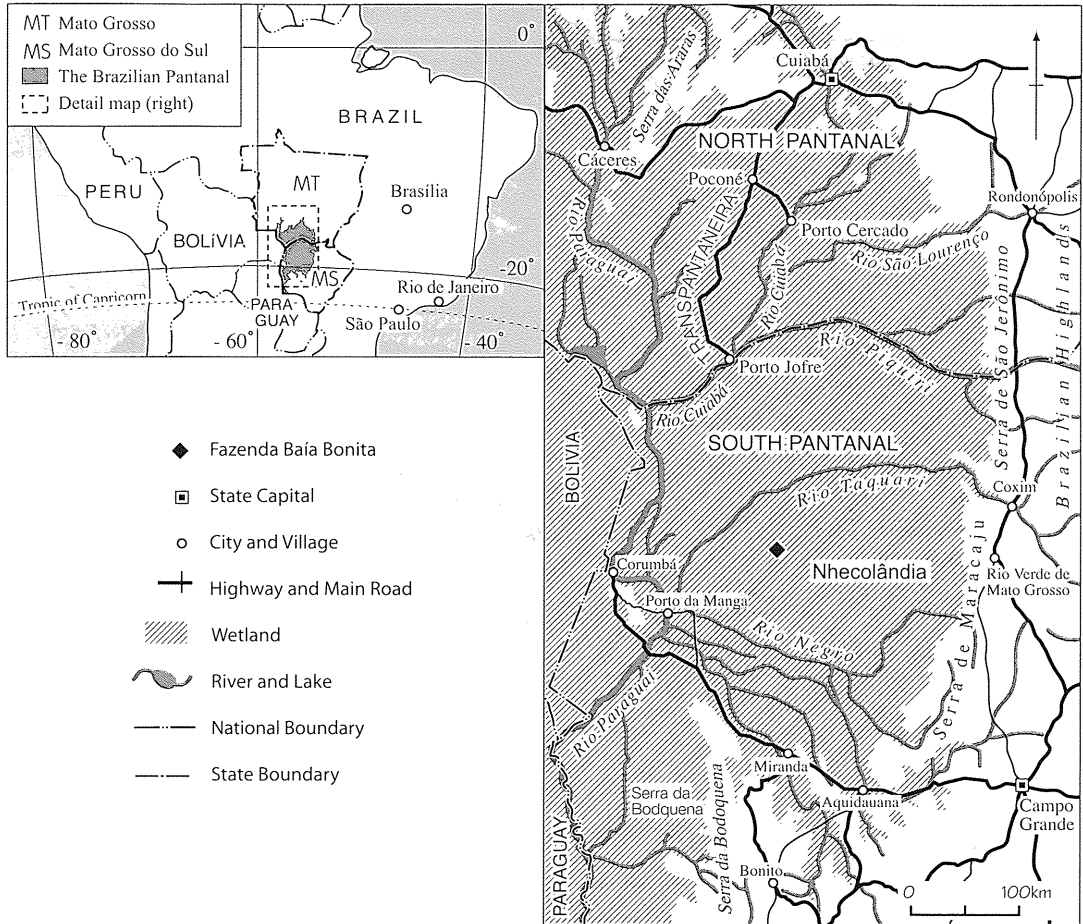
需要が大きい黒毛和種などの肉牛放牧においても、大規模な素牛生産を効率的に実現するための牛群管理方法として、GPS首輪による放牧牛の位置管理システムの開発・導入が進められている³⁾。また、九州の中山間地にある宮崎県諸塚村では、GPS首輪によるスギの人工林に放牧されたウシの行動解析から、放牧牛の下刈り効果による林間放牧の有効性が検証されている(吉村ほか2002)。

II 研究対象地域

パンタナールは、南アメリカのほぼ中央、ブラジル・ボリビア・パラグアイの3国にまたがって広がる、面積約20万Km²の巨大な熱帯低層湿原である。第1図に示すように、パンタナール全体の約6割(13.8万Km²)を占めるブラジル領パンタナールは、行政的にはマトグロッソ州に属する北パンタナールと、マトグロッソドスル州に属する南パンタナールに大別される。

調査地域には、南パンタナールの内陸部に位置するニェコランディア(Nhecolândia)を選定した。タクアリ川とネグロ川の河間地に広がるニェコランディアは、これら的大河川とその支流群が形成する起伏のある扇状地地形の一部をなす。ここは、パンタナールの中でも最も自然環境が多様かつ豊富で、人為的改変が少ない地域として認知されている。ここでは、植民以降約200年にわたり、天然草地に依存する肉牛の大規模な仔取繁殖と素牛育成が主要な経済活動である。

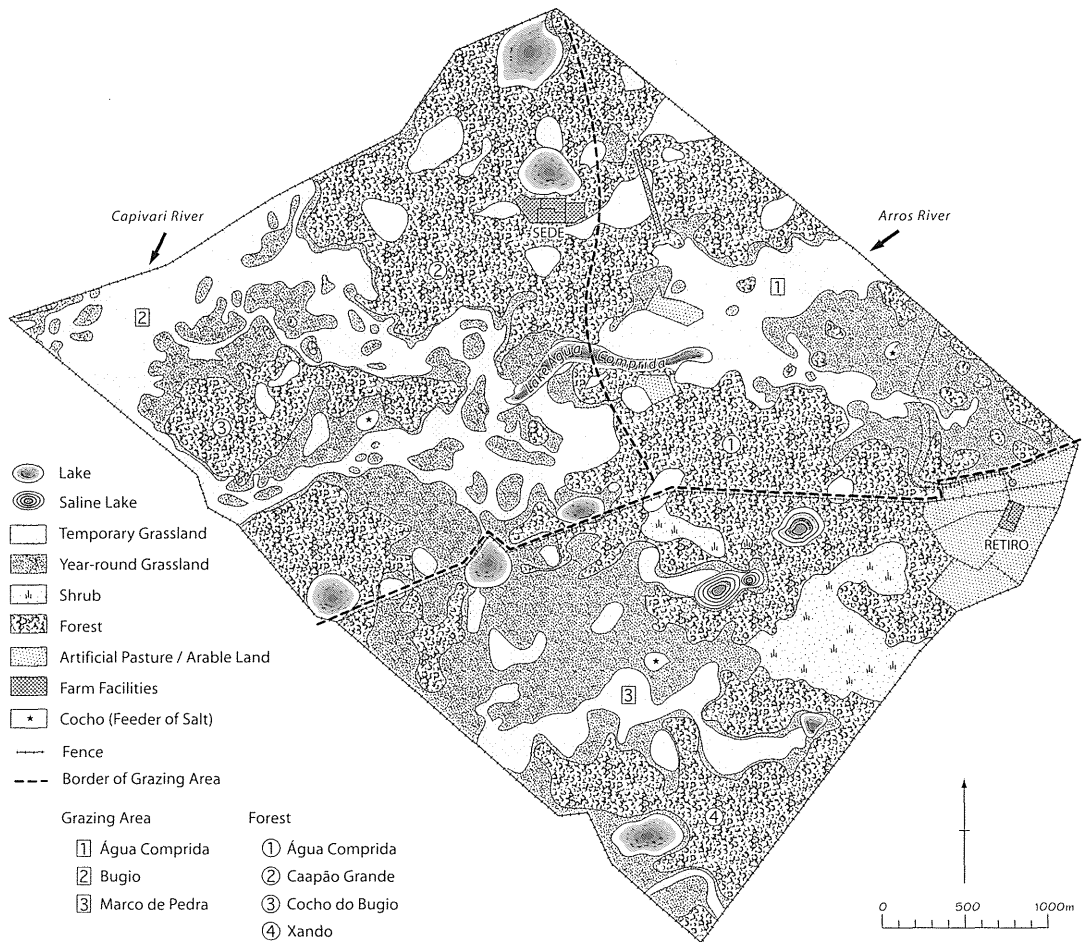
また、実際にウシの移動や採食行動を追跡する事例調査地域には、ニェコランディアの大牧場で



第1図 研究対象地域

あるファゼンダ・バイア・ボニータ (Fazenda Baía Bonita) を選定した。ここでは、5月から10月の乾季には、河川の水位が下がって緑の大草原が出現するものの、11月から4月の雨季には、水位が最大約2mほど上昇して洪水が発生し、低地を求めて大きく蛇行するバザンテ（間欠河川、Vazante）の網状流や、その周辺の浸水しない微高地のカンポアルト (Campo alto)、灌木林のセラード (Cerrado)、森林のカボン (Caapão) やセラドン (Cerradão)、コルジリエイラ (Cordilheira) など、合計13の多様なビオトープ⁴⁾ が認められる。

第2図は、先行研究で解明された本牧場のビオトープ分布を、ウシの採食行動との関係から、湖沼、一時的草地、通年草地、灌木林、森林、人工農牧地、農場施設の7つの土地分類にまとめたものである。また、第1表は、ファゼンダ・バイア・ボニータの土地分類別の面積構成である。これによると、牧場全体 (1,743ha) の約半分が草地であり、このうち浸水しない通年草地が26%、雨季に浸水する一時的草地が23.4%を占める。森林は全体の40.8%を占め、草地と森林をあわせると全体の9割に達



第2図 ファゼンダ・バイア・ボニータにおける土地分類 (2005年)
現地調査により作成。

する。草地から森林への植物遷移途上にある灌木林のセラードは、草原を維持するための伐採や火入れなどの人為的ストレスが強く及んでいるせいか、全体のわずか2.6%にすぎない。

本牧場内には、アグア・コンプリダ (Água Comprida)、ブジオ (Bugio)、マルコ・デ・ペドラ (Marco de Pedra) と呼ばれる3つの牧区 (invernada) が存在する。これらの牧区は、牧柵で完全に分離されているわけではない。主な牧柵は、標高が最も高い東部の農場施設から、ほぼ南西に隣接するファゼンダ・サンタ・マリア牧場まで延びる1本のみで、これにより南部のマルコ・デ・ペドラと北部の牧区が分離される。北部のブジオとアグア・コンプリダの牧区間には、両者を分離する牧柵はないが、牧場中央にあり一年中水をたたえるアグア・コンプリダと、その両岸に張り出す森林により、両牧区はゆるやかに分離されている。また、主な農場施設として、アグア・コンプリダ牧区とブジオ牧区の境界付近にあるセッデ (本場) と、農場の西端にあるレティーロ (分場) がある。セッデの周囲

第1表 土地分類の面積構成 (2005年)

Land Classification	Biotope Type	Area (ha)	Percentage
Lake	Baía	45	2.6
	Saline lake	11	0.6
	Subtotal	56	3.2
Temporary grassland	Vazante	300	17.2
	Baixada	108	6.2
	Subtotal	408	23.4
Year-round grassland	Campo Alto	454	26.0
	Subtotal	454	26.0
Shrub	Cerrado	50	2.9
	Subtotal	50	2.9
Forest	Cordilheira	531	30.5
	Cerradão	162	9.3
	Caapão	18	1.0
	Subtotal	711	40.8
Artificial landuse	Artificial pasture	48	2.8
	Arable land	6	0.3
	Subtotal	54	3.1
Farm facilities	Farm facilities*	10	0.6
	Subtotal	118	6.8
	Total	1,743	100.0

Source: Figure 2.

* Including Cocho (Feeder of salt)

第2表 牧区と種別放牧牛の頭数 (2005年3月)

Cattle	Grazing Area			Total
	Água Comprida	Bugio	Marco de Pedra	
Calvs	60	75	65	200
Heifers	40	70	40	150
Cows	130	250	165	545
Herd bulls	2	7	2	11
Total	232	402	272	906

* Including a few young male cattle called garoto.

** According to Fazendeiro (the owner of fazenda), the total number of herd bulls are 30.

Source: authors' field survey

を取り囲むように農場北部に広がる森林は、カポン・グランデと呼ばれる。

第2表は、2005年3月に牧童（ベオン）の協力により牧区ごとにウシを集め、その数を1歳未満の仔ウシ、繁殖を始めるまでの若ウシ、経産牛、種牡といった種類ごとに集計したものである。これによると、確認できた906頭のうち、アグア・コンプリダが232頭、ブジオが402頭、マルコ・デ・ペドラが272頭で、牧区の規模に大きな差が認められた。また、仔取繁殖を目的とする本地域ではとくに重要な種牡と経産牛の比率は、1:18であった。

そこで、本稿では牧場全体でのウシの行動を解明するために、3つの牧区の牛群からそれぞれ1～2頭ずつ、品種や年齢などの属性に差が出るように牝ウシを選択し、ハンディGPSとバイトカウンター首輪を装着することにした。

第3表は、牧童と獣医学の専門家からの聞き取り調査により特定したウシの特性（放牧地、品種、年齢、体重）を示したものである。ウシAは、雨季の観測時と同じ個体でありウシD、E、Fは、乾季の調査で新たに観測したものである。アルファベットの通し記号の間隔が開いているのは、Maruyama and Nihei (2007) によって雨季に観測されたウシB、Cと区別するためである。

これら観測したウシの牧区は、ウシAが、アロース川のバザンテ（一時的草地）に位置するアグア・コンプリーダであり、ウシDとEが、アロース川とカピバリ川の合流地点に位置するブジオである。アグア・コンプリーダとブジオは、間欠河川の河床にできる天然の放牧地、すなわち一時的草地が広い面積を占める牧区である。また、ウシFが放牧される牧区は、マルコ・デ・ペドラである。ファゼンダ南部にあるこの牧区は、他と比較して通年草地の割合が高いことに特徴がある。ウシの年齢をみると、ウシAとウシEが15歳であり、廃牛に近い個体である。また、ウシDとウシFはそれぞれ7歳と3歳であり、とくに、ウシFは未経産牛である。ウシの体重は300～360kgであり、ウシDとウシEは妊娠5か月と推定された。

ウシの品種をみると、ウシAは、パンタナールで伝統的に飼われてきたトゥクーラ種とジャージー種の交配種である。ウシBは、インド系のネロール種とトゥクーラ種の交配種であり、ウシEとウシFは、ネロール種である。ウシの群れにいる個体のほとんどは、白または銀色の皮をもつネロール種か、それに若干の茶色が入ったトゥクーラ種との交配種である。ジャージー種とトゥクーラ種の交配種であるウシAは黒い皮を持ち、群れの中でよく目立つため、雨季の観測時と同じ個体を捕まえることができた。なお、トゥクーラ種は、ポルトガル人がブラジル奥地で金を採掘するときに食料として持ち込んだウシが野生化したものであり、その後を持ち込まれた品種よりも湿原の環境に適応したものである。

第3表 観測したウシの特性（2005年8月）

Attributes	Cow A	Cow D	Cow E	Cow F
Grazing area	Água Comprida	Bugio	Bugio	Marco de Pedra
Breed	Tucura + Jersey	Nelore + Tucura	Nelore	Nelore
Age (year)	15	7	15	3
Weight (kg)	330	330	300	360

Cow B and C were observed in Maruyama and Nihei (2007)

Cow D and E were five month pregnant. Cow F was nulliparous.

Source: authors' field survey

Ⅲ 研究方法

GPS 首輪は、詳細な動物の行動調査を可能にする装置として期待が大きいですが、未だに高価な精密機器である。そのため、本研究のように複数の牧区に属するウシを対象とする行動調査では、予算的にも難点がある。さらに、湿地や湖沼、灌木林が広がる熱帯の厳しい自然環境条件下では、故障や紛失などさまざまなリスクが想定され、リスク回避の点からも複数の装置を併用することが求められる。

このような問題を回避するために、本研究では予算的に安価なハンディ GPS を選択した。GPS 首輪に比べ、ハンディ GPS は電池交換の煩雑性があるものの、安価なうえに小型で操作しやすく、データ更新間隔が1秒とより詳細な連続データを採集できる利点がある。また、人間が管理する牧場内に放牧されているウシなどの家畜は、野生動物と異なり再捕獲が容易なため、脱落装置の装着も不要であり、ハンディ GPS で十分に対応できる。さらに、受信精度も平均して15mと向上しており、広大な放牧地における家畜の移動追跡では、測定精度的にもハンディ GPS でとくに問題がないことがすでに報告されている（安江ほか、1994）。

ウシに装着した GPS は、Garmin 社の eTrex Legend-C が2台とスウェーデン製の GPS 首輪である。Garmin 社のハンディ GPS のデータは、Garmin 社の専用ソフトである Map Source を用いてパソコンにダウンロードし、その緯度経度と時間データを GIS ソフト（ArcMap Ver.9）を用いて地図化し、Illustrator で補完しつつ製図した。また、移動距離の計測は、Illustrator のプラグインソフト（BluePrintTool）により行った。

バイトカウンター首輪は、北海道農業研究センターの放牧利用研究室で開発されたものを2台利用した。この装置は、長さ117cmの布製の首輪と、その下部に取り付ける計測ユニット、パソコンにUSB接続するデータ受信ユニットから構成されている。計測ユニットは、ウシが首を下げる採食時の顎運動回数を記録し、反芻時の顎運動は記録しない仕組みになっている。また、喫食回数1回につき2回のカウンター値を記録し、そのデータを10分ごとに揮発メモリーに記録する。この調査では、このバイトカウンター首輪に、ハンディ GPS を保護ケースごと針金と糸でしっかり縫いつけて固定した。雨季の調査と同様に、バイトカウンター首輪の計測ユニットのすぐ横に、アンテナを下向きにして取り付けた。なお、本研究では、バイトカウンターに記録された時間の5分前の位置を、10分間の顎運動回数を代表する地点として地図を作成することにする。

バイトカウンター首輪の電池寿命は約1年であり、113日分のデータをメモリーに記録することができる。データは、専用のソフトウェア（Ushix）を利用し、約3mの範囲内で無線によりパソコンにダウンロードすることができる。しかし、パンタナールの放牧牛は気性が荒くて危険なため、牧童に依頼して投げ縄でウシを捕獲し、装置を首からはずしてデータをダウンロードして、電池を交換して再び装着する作業を繰り返した。

2005年8月の乾季の調査においては、4頭のウシにハンディ GPS とバイトカウンター、または GPS 首輪を装着して観測を実施した。ハンディ GPS とバイトカウンターを装着したのは、ウシA（カウンターナンバー:9）、ウシD（カウンターナンバー:10）、ウシE（カウンターナンバー:9）であった。

また、GPS 首輪だけを装着したのが、ウシFである。装置による計測期間は、ウシAが4日8時40分～8日16時40分、ウシDが4日11時00分～7日11時10分、ウシEが7日11時40分～8日15時50分であった。ただし、ハンディGPSの電池切れのために位置の測定ができなかった時間があった。それは、ウシAが6日21時00分～7日の7時50分、および、8日8時50分～16時40分であり、ウシDが6日23時00分～7日11時10分である。

IV 結果

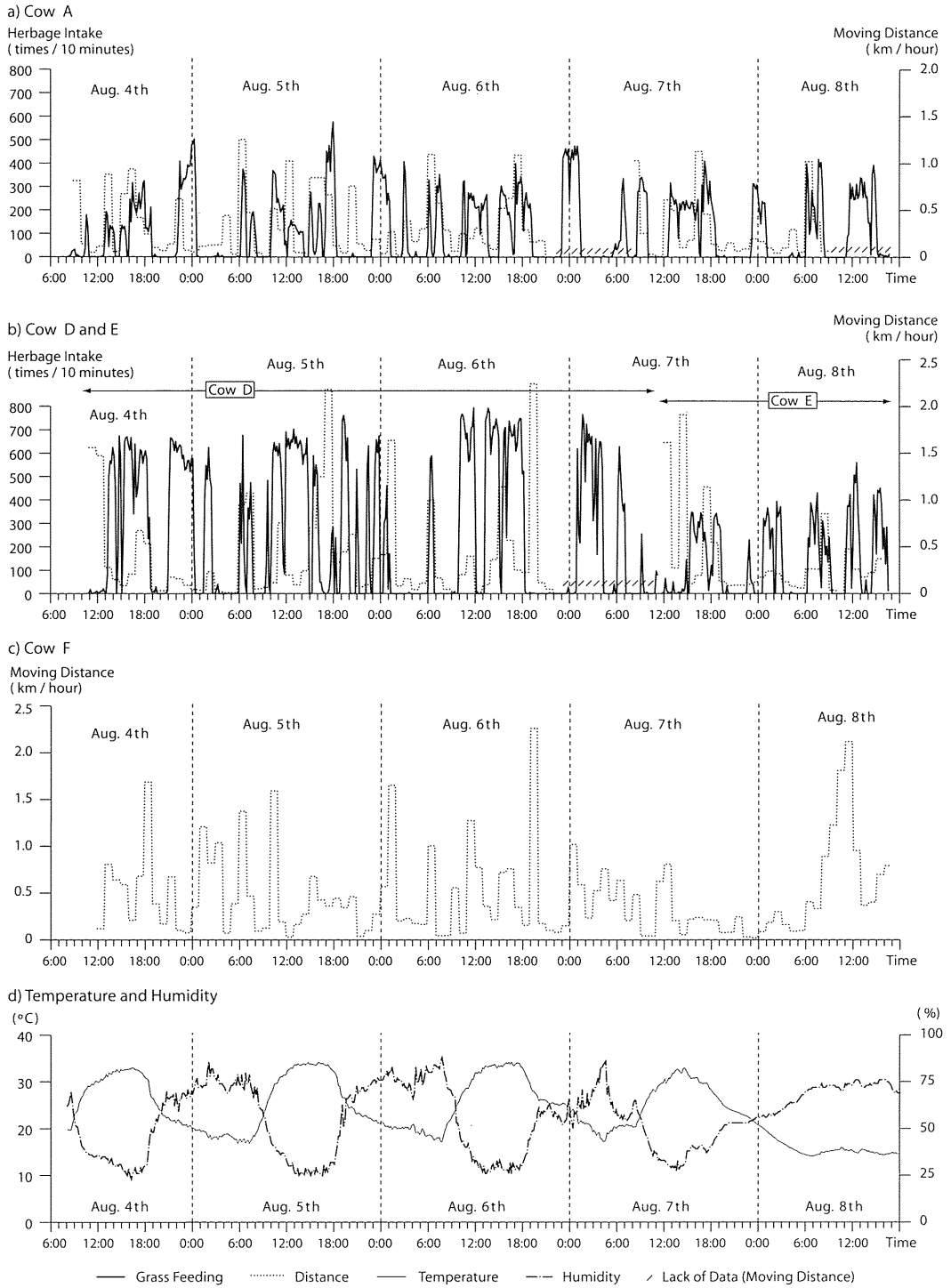
IV-1 移動距離と採食回数

第3図は、観測期間中のウシの移動距離と採食量、および気温と湿度を示したグラフである。移動距離を示すグラフをみると、観察したすべてのウシで、1時間あたり1～2.5kmという比較的早い速度で移動している時が、1日に2～4回ほどあることがわかる。このような移動のピークは、19時から翌日の6時までの夜間や明け方にもみられる。移動のピーク時にウシが動く速度は、10分あたりにすると3～6km/hに達する。パンタナールのような天然の牧草地で放牧されているウシは足が速いことで知られるが、例えば馬に乗った牧童に追われた時など、ウシの速度は瞬間的に60km/hを超えらるといわれる。なお、8月6日におけるウシDとウシFの移動距離を示すグラフは、ほぼ同じ形状を呈するが、これは2頭が同じ群れの中で行動したためである。

観測したウシの1日の平均移動距離をみると、ウシAが7.7km、ウシDが12.4km、ウシEが11.0km、ウシFが13.1kmであった。この乾季の観測と比較するために、雨季の結果を示すと、ウシAが9.6km、ウシBが16.7km、ウシCが18.9kmであった(Maruyama and Nihei 2007)。乾季と雨季の優位な差はみられなかったが、いずれも予想よりも長い移動距離であった。放牧家畜の移動距離を記録した文献によると、1日に移動する距離は、和牛が4km、ホルスタインの仔牛が4～8km、雌馬が11～15kmであるという(吉田1976)。

次に、バイトカウンターを装着したウシA・Bの採食行動に注目する。第3図に示すように、これらのウシの採食行動には明確なピークがみられる。1日あたりの採食行動のピークは、ウシAが5～8回、ウシDが5～12回、ウシEが7回程度である。いずれも、0時前後の夜間に1～2回、6時～7時の夜明け直後に1回程度のピークが見られることに特徴がある。採食行動ピーク時の採食回数をみると、ウシAが約300～500回/10分、ウシDが約500～700回/10分、ウシEが約300～500回/10分であり、1秒間に1回以上の激しい採食行動をとる時間帯がある⁵⁾。なお、観測したいずれのウシも、採食行動のピークと移動のピークの時間が重なることがある。このような時間帯は、次節で説明する土地分類との関係では、通年草地であることが多い。

また、顎運動数と年齢の関係に注目すると、若いウシ(ウシD)の方が、年老いたウシ(ウシAとウシE)よりも食草量が多い。しかし、雨季の観察結果とあわせて検討すると、喫食回数は、年齢、体重、品種には相関が見られず、妊娠の段階と高い相関があるものと予想される。また、気温と採食回数との関係をみると、雨季の計測では、気温の低下にともなって明け方の採食行動が減少している。しかし、乾季の計測では、気温が低下した8月8日の日中に観測を終了したため、気温の低下に伴う



第3図 ウシの移動距離と採食量 (2005年8月)
 現地調査により作成.

採食回数の変化は記録されなかった。

IV-2 移動経路

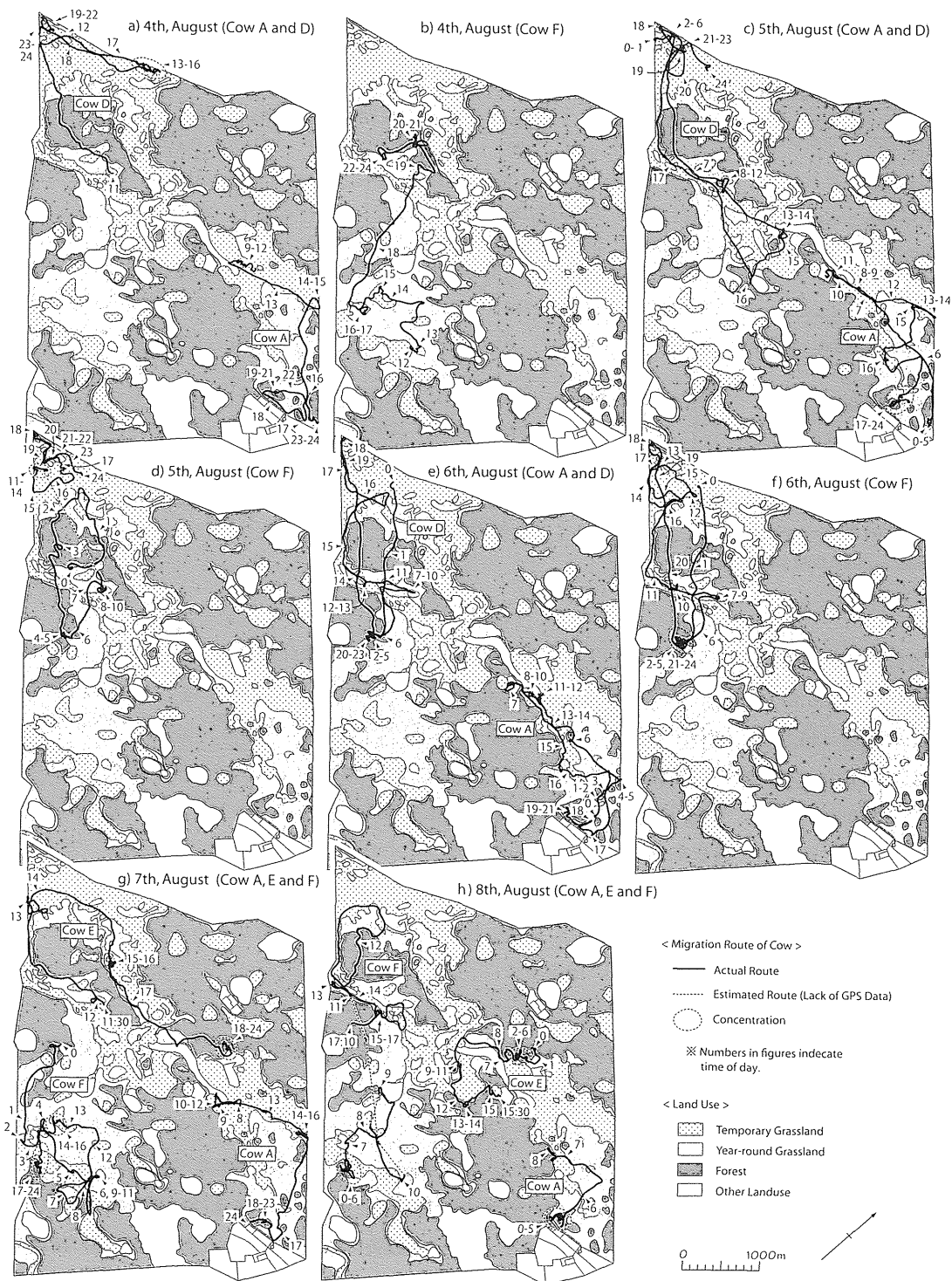
第4図は、観測した4頭のウシの移動経路を示した地図である。アグコンプリーダ牧区で放牧されるウシAは、レティーロの北に隣接する森林、アグア・コンプリーダ湖の東に隣接する一時的草地、農場東端の一時的草地を定期的に移動している（第4図：a, c, e, h）。これらの場所に滞在する時間帯もほぼ決まっており、午前中がアグア・コンプリーダ湖の一時的草地、午後が農場東端の一時的草地、夜間が森林となっている。同じウシAに対して雨季に実施した調査と比較すると、乾季においては、(1) 放牧区南東部の通年草地とアグア・コンプリーダ湖を往復する移動パターンがみられるようになったこと、(2) 牧区の北部と南部にみられる森林内での移動が減少したことに特徴がある。

ブジオ牧区で放牧されているウシDは、ウシAほどの明確な移動パターンは見られないが、農場の西端にある森林と、コッシュョ・ド・ブジオの南側にある森林が、ウシの寝床になっている（第4図：a, c, e）。また、ウシDが採食行動をとる地点は、農場西端のカピバリ川河床の一時的草地、アグア・コンプリーダの西に隣接する一時的草地、コッシュョ・ド・ブジオの南側にある一時的草地である。同じ牧区に放牧されるウシBに対して雨季に実施した結果と比較すると、乾季においては、農場西端の一時的草地での移動が増加したこと、農場北部の森林での移動が減少したことに特徴がある。このように移動経路が変化した理由は、カピバリ川のバザンテとコッシュョ・ド・ブジオの南側にある一時的草地の広い面積が、乾季になると放牧可能になるためである。

ウシEは、8月7日からブジオ牧区で観測を始めた個体である。機材の装着後は、コッシュョ・ド・ブジオを大きく迂回して、アグア・コンプリーダ牧区に入り、そこを寝床とした（第4図：g, h）。また、バイトカウンターを装着しなかったウシFは、マルコ・デ・ペドラ牧区で観測を始めたが、その牧区とブジオ放牧区とを1日おきに移動している（第4図：b, d, f）。雨季の調査においても、マルコ・デ・ペドラ牧区で観測したウシCは、隣接するブジオ放牧区まで移動していた。このように、ウシの群れによっては、複数の牧区を移動することがあるが、とくに、マルコ・デ・ペドラ牧区の群れが、頻繁にアグア・コンプリーダ牧区に入ってくる。マルコ・デ・ペドラ牧区では、ハーボ・デ・ブローロなどの硬い牧草が生える通年草地が広い面積を占めているが、放牧されているウシは、乾季になると若芽が一斉に伸びる一時的草地での採食行動を好む。また、マルコ・デ・ペドラ牧区とアグア・コンプリーダ牧区とを区切る牧柵のゲートは常に開放されている。

IV-3 土地分類と移動距離

第4表は、観測したウシの移動距離を、土地分類別に集計したものである。まず、アグア・コンプリーダ牧区のウシAについて、移動距離の累積が長い土地分類は、通年草地（40.1%）、一時的草地（37.6%）、森林（17.3%）という順番になる。同じウシに対する雨季の調査結果は、一時的草地（34.1%）、森林（31.8%）、通年草地（31.5%）という順番である。雨季と比較して乾季の結果は、森林での移動距離が14%も減少したことに特徴がある。



第4図 ウシの移動経路(2005年8月)
現地調査により作成。

第4表 土地分類とウシの移動距離 (2005年8月)

Land classification	Migration distance (m, %)								Total	
	Cow A (Aug.4th-8th)		Cow D (Aug.4th-6th)		Cow E (Aug.7th-8th)		Cow F (Aug.4th-8th)			
Lake	379	1.2	420	1.3	112	0.9	211	0.4	1,122	0.9
Saline lake	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Temporary grassland	11,567	37.6	17,038	54.2	5,977	46.7	22,874	41.6	57,457	44.2
Year-round grassland	12,336	40.1	8,567	27.3	2,928	22.9	18,491	33.6	42,322	32.5
Shrub	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Forest	5,314	17.3	4,746	15.1	3,486	27.3	12,125	22.0	25,672	19.7
Artificial pasture / Arable land	990	3.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0	990	0.8
Farm facilities	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Cocho (Feeder of salt)	191	0.6	660	2.1	286	2.2	1,329	2.4	2,466	1.9
Total	30,777	100	31,431	100	12,789	100	55,031	100	130,028	100
Total observation hours	96		61		28		101			
Migration distance per day	7,694		12,366		10,962		13,077			

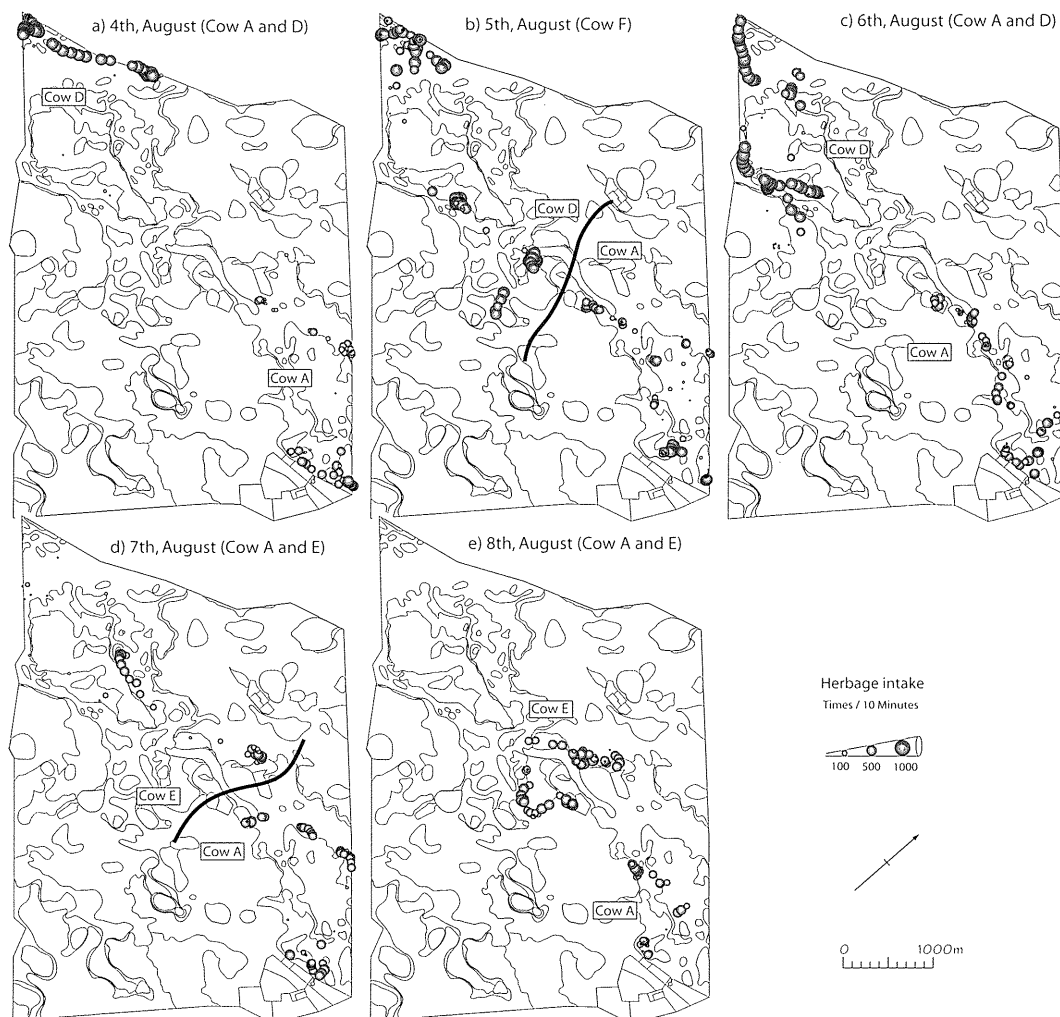
Source: authors' field survey

次に、ブジオ牧区のウシDについて、移動距離の累積が長い土地分類は、一時的草地 (54.2%)、通年草地 (27.3%)、森林 (15.7%) という順番になる。同じ牧区で観測を開始したウシEについては、一時的草地 (46.7%)、森林 (27.3%)、通年草地 (22.9%) という順番になる。また、ブジオ牧区とマルコ・デ・ペドラ牧区を往復したウシFについては、一時的草地 (41.6%)、通年草地 (33.6%)、森林 (22.0%) となる。ブジオ牧区における雨季の観測結果をみると、ウシBでは、森林 (36.1%)、一時的草地 (36.0%)、通年草地 (24.9%) となり、ウシCでは、通年草地 (44.7%)、森林 (28.6%)、一時的草地 (22.2%) となる。これらの牧区における乾季の観測結果を雨季のものと比較すると、森林での移動距離が減少し、一時的草地での移動距離が増加したことに特徴があるといえる。

IV-4 採食量と土地分類

観測したウシの採食量を、ファゼンダの地図上に示したものが第5図であり、それを土地分類別に集計したものが第5表である。ここでは、相対的な採食量を示す指標として、バイトカウンターのカウント数を適用する。

まず、アグア・コンプリーダ牧区のウシAについて、採食量が多い土地分類は、通年草地 (38.2%)、一時的草地 (37.1%)、森林 (18.7%) という順番でなる。同じウシに対する雨季の調査結果は、一時的草地 (48.1%)、通年草地 (32.2%)、森林 (16.5%) という順番である。雨季と比較して乾季の結果は、一時的草地の採食量が減少し、通年草地の採食量が増加したことに特徴がある。また、ウシAの採食地点と採食量 (第5図a) について、雨季の結果と比較すると、(1) 森林内にみられる一時的草地での採食量が減少したこと、および、(2) アグア・コンプリーダ湖の近隣と、アロース川のバザンテに



第5図 ウシの移動経路上の採食量(2005年8月)
現地調査により作成.

おける採食量が増加したことに特徴がある。

次に、ブジオ牧区のウシDについて、採食量が多い土地分類は、一時的草地(37.1%)、通年草地(38.2%)、森林(18.7%)という順番である。同じ牧区におけるウシEの結果は、一時的草地(47.6%)、森林(36.0%)、通年草地(16.0%)という順番である。同じ牧区における雨季の結果をみると、ウシBでは、一時的草地(41.2%)、通年草地(28.6%)、森林(26.8%)となり、ウシCでは、通年草地(57.6%)、一時的草地(29.2%)、森林(12.4%)となった。ウシDとウシEの採食地点と採食量(第5図b、第5図c)について、同じ牧区に放牧されたウシの雨季の結果と比較すると、(1)農場西端のカピバリ川のパザンテ、および、アグア・コンプリーダ湖付近での採食量が著しく増加したこと、および、(2)農場北部にみられる森林(カボン・グランデ)での採食量が減少したことに特徴がある。

第5表 土地分類とウシの採食量 (2005年8月)

Land classification	Herbage intake (Times, %)*						Total	
	Cow A (Aug.4th-8th)		Cow D (Aug.4th-6th)		Cow E (Aug.7th-8th)			
Lake	224	0.4	796	0.9	13	0.1	1,032	0.7
Saline lake	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Temporary grassland	20,800	37.1	78,654	84.5	10,477	47.6	109,931	71.0
Year-round grassland	21,414	38.2	12,916	13.9	3,515	16.0	21,443	13.9
Shrub	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Forest	10,471	18.7	659	0.7	7,913	36.0	19,043	12.3
Artificial pasture / Arable land	2,910	5.2	0	0.0	0	0.0	2,910	1.9
Farm facilities	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Cocho (Feeder of salt)	278	0.5	29	0.0	88	0.4	395	0.3
Total	56,095	100.0	93,053	100.0	22,005	100.0	154,752	100.0
Total observation hours	96		61		28			
Herbage intake per day	14,024		36,611		18,861			

* Herbage intake is represented by the number of jaw movement of cow.

Source: authors' field survey

V 牧養力推定の試み

放牧地の牧養力の算定方法は、利用できるデータによって様々なものがある。牧養力の算定にあたって困難なことは、ウシの採食量の正確な把握である。本研究では、ウシの採食量を、バイトカウンターのカウント数から推定することにする。また、ウシの年齢構成による採食量の違いや、土地分類による生産量の違いなどにも注目する必要があるが、本研究では、バイトカウンターとGPSを使用して熱帯湿原の牧養力を推定する最初の試みとして、以下に示す吉田(1976)による簡便な算定式を用いることにする。

$$\text{牧養力(頭数)} = (\text{時期別単位面積あたり牧草の生産量} \times \text{面積}) / (\text{1頭1日の採食量} \times \text{日数})$$

観測したウシの1日の採食回数は、ウシAが14,024回、ウシDが36,611回、ウシEが18,861回である(第5表)。梅村ほか(2005)によると、牧草の現存量が100~200gDM/m²(DM:乾燥重量)の草地の場合、ウシの採食量は、カウント数が5,000回で3.5~4.0kgDMになると計測されている。この牧草の現存量は、牧草の草高が19~33cmに相当する放牧地を想定したものである。ここでは、パンタナールにおける天然の牧草地は、草丈19cmの牧草地に相当すると仮定して、5,000回で3.5DMの採食量を当てはめることにする。その結果、乾季に観測したウシの1日あたりの採食量は、9.8~25.6kgと推定される。同様に、Maruyama and Nihei(2007)の結果にあてはめると、観測値が大きく異なるウシCを除いて、雨季に観測したウシの1日あたりの採食量は、9.1~14.8kgと推定される。

本研究では、後述する牧草の生産量のデータが1年間の平均であるため、ウシの1日あたりの採食量を9.1～25.6kgとする。

EMBRAPA（ブラジル農牧業公社）の Santos et al. (2002, 2003) は、ニュージーランドの実験ファゼンダにおいて、ウシの採食量を新陳代謝から推定している。彼らの算定では、ウシの1日あたり新陳代謝に相当する牧草の重量を体重の0.2%としている。また、ウシの体に固定されない牧草の減損率として、採食量の24～48%を想定している。この算定方法によると、体重が300kgのウシの場合、1日あたりの採食量は12.5～25.0kgとなる。なお、ウシの新陳代謝は、体重を0.75乗した値に70～77の定数を乗じることで算定できる（田先威ほか1973, Maynard et al. 1979）。すると、体重が300kgのウシの場合、1日あたりの新陳代謝は5046～5550kcalとなる。本研究では、バイトカウンターを使用することによって、ウシの採食量を直接的に把握することができた。

次に、牧草の生産量の推定であるが、本研究では、Santos et al. (2002) による観測の結果を用いる。彼らは、本研究で対象地域としたファゼンダが含まれるニュージーランドにおいて、コドラードを設置して牧草の生産量を継続的に計測した。その結果、バイシャードとカンポ・リンポでは3,000kg/ha/年、カロナルでは4,500kg/ha/年、カンポ・セラードでは2,200kg/ha/年という数値になった。本研究の土地分類を彼らの観測結果に対応させると、一時的草地在バイシャード、通年草地在カンポ・リンポ、灌木林がカンポ・セラードの生産量に相当する。また、その他の土地分類について、人工牧野に対しては、生産量の多いカロナルの値を、森林の生産量に対しては、カンポ・セラードの半分の値を便宜的に当てはめることにする。

その結果、ファゼンダ・バイア・ボニータの牧養力は、395～1112頭の範囲にあると推定できる。したがって、このファゼンダで放牧されている906頭という数は、牧養力の範囲内にあると考えられる。Silva et al. (2001) によると、パンタナールのファゼンダにおける放牧密度は、平均してウシ1頭あたり3～4haである。この値と比較すると、ファゼンダ・バイア・ボニータにおけるウシ1頭あたり1.9haという値は、過放牧であるが、天然の牧草地がもつ生産力からみれば、牧養力の範囲内にあると思われる。パンタナールにおける一般的なファゼンダの面積は、1万haを超える大規模なものである。そのようなファゼンダでは、ウシの管理や雇用できるペオンの数など、社会・経済的な環境の制約のために、放牧地が本来持っている牧養力までウシを増やすことができない。それに対して、1,743haというパンタナールでは小規模なファゼンダ・バイア・ボニータでは、少ない人数のペオンでも多数のウシの管理が行き届くのだと思われる。なお、上記の Santos et al. (2002) が計測した151haの実験ファゼンダでは、牧養力は55頭（ウシ1頭あたり2.7ha）と推計されている。

本研究で推定した牧養力は、簡便な方法による試算であり、その値がとる範囲には大きな開きが見られる。今後は、ウシの年齢構成、牧区ごとの放牧頭数、土地分類などの観測データを算定式に取り込んで、より詳細に牧養力を推定する必要がある。また、GPSとGIS、およびバイトカウンターを用いて牧養力を算定する利点は、ウシが移動する時間と空間（牧区や土地分類など）に関する詳細な分析も可能になることであるが、この点に関しては今後の課題としたい。

VI おわりに

本研究は、天然草地に依存する伝統的な肉牛の放牧地域であるブラジル・南パンタナールを事例として、放牧牛にハンディ GPS とバイトカウンター首輪を同時に装着して、ウシの移動や休息、採食行動を詳細かつ連続的に解明することを目的とした。これは、すでに発表された雨季の観測結果 (Maruyama and Nihei 2007) を補完するものであり、今後、熱帯湿原の持続可能な牧牛管理システムに関する研究に対して、基礎的なデータを提供することも目指している。

調査を実施したのは、ニュージーランドに位置するファゼンダ・バイア・ボニータである。調査の実施時期は 2005 年 8 月 4～7 日であり、乾季に相当する。ファゼンダ・バイア・ボニータの面積は 1,743ha であり、草地と林地がほぼ同じ面積である。農場の面積に占める草地の割合は、雨季に浸水する一時的草地が 23.4% であり、一年を通して浸水しない通年草地が 26% を占める。また、確認できたウシは 906 頭であった。本研究では、牧場全体でのウシの行動を解明するために、3 つの牧区の牛群からそれぞれ 1～2 頭ずつ、品種や年齢などの属性に差が出るように牝ウシを選択し、ハンディ GPS とバイトカウンター首輪を装着した。

観測の結果、放牧されるウシの採食行動には、夜間を含めて 1 日 5～12 回の明確なピークがみられた。ピーク時には、1 秒間に 1 回以上の激しい採食行動をとる時間帯もあった。土地分類と移動距離の関係をみると、移動距離の長い分類より、一時的草地 (4 匹の合計:57.5km)、通年草地 (42.3km)、森林 (25.7km) という順番になった。Maruyama and Nihei (2007) による雨季の結果は、森林 (3 匹の合計:37.1km)、一時的草地 (34.0km)、通年草地 (32.3km) だったので、森林での移動が減少したことに特徴があるといえる。

また、土地分類と採食行動の関係をみると、カウンター数で代表させた採食行動の多い分類より、一時的草地 (4 匹の合計:11.0 万回)、通年草地 (2.1 万回)、森林 (1.9 万回) という順番になった。雨季の結果も、一時的草地 (6.8 万回)、通年草地 (4.8 万回)、森林 (2.8 万回) と同じ順番である。乾季においては、一時的草地での採食行動が、他の土地分類より 5 倍以上も多いことに特徴がある。

バイトカウンターのカウンター数から、放牧されるウシの 1 日あたりの採食量は、9.1～25.6kg 程度であると推定できる。これに従来の研究で明らかにされたニュージーランドにおける牧草の生産量のデータを用いると、農場における牧養力を推定することができる。すると、ファゼンダ・バイア・ボニータの牧養力は、395～1,112 頭の範囲にあると推定できた。この結果は、熱帯湿原においてバイトカウンターと GPS を用いて牧養力を算定する最初の試みとして、簡便な方法によって推計したものである。今後は、ウシの年齢構成や土地分類などの詳細なデータを用いることで、より正確な牧養力の値を把握する必要がある。それらの数値を検討することで、今後、パンタナールのファゼンダにおける持続可能な牧牛管理システムを具体的に提案することが可能となる。

独立行政法人・北海道農業研究センター放牧利用研究室長の梅村和弘氏、筑波大学大学院生命環境科学研究科の田島敦史氏、横浜国立大学の吉田圭一郎氏からは、本研究を進めるにあたって有益なご指導ご協力を賜った。さらに、現地でのウシの捕獲や測器装着に際しては、ファゼンダ・パイア・ポニータの牧場主である Mrs. Maria Esther, ならびに牧童の Mr. Valdemar, Mr. Mécio の両氏に大変お世話になった。以上、記して心から感謝を申し上げます。

本稿を作成するにあたり、平成 19-22 年度科学研究費補助金（基盤研究(B)、ブラジル・パンタナールの伝統的な湿地管理システムを活かした環境保全と内発的発）（代表者：丸山浩明、課題番号：19401035）、および、平成 16-18 年度科学研究費補助金（基盤研究(B)、「ブラジル・パンタナールにおける熱帯湿原の包括的環境保全戦略」）（代表者：丸山浩明、課題番号：16401023）を利用した。

注

- 1) 中・小型哺乳動物に GPS 首輪を装着した研究例には、シカ（鈴木ほか 1999, 伊吾田ほか 2002, 宇野ほか 2002）やイノシシ, クマ, サル（岩崎ほか 2004, Sprague et al. 2004）などがある。また、アフリカのケニアでは、NGO の「Save the Elephants」が、大型哺乳動物のアフリカゾウに GPS 首輪を装着してその保護活動に当たっており、その様子はインターネットを通じて確認できる (<http://www.savetheelephants.org/>)。
- 2) <http://www.tokachi.co.jp/kachi/0208/08-31.htm>
- 3) <http://cryo.naro.affrc.go.jp/chikusou/hoboku/Pamphlet.pdf>
- 4) 一般には「特定の生物群集が生存する均質な生物空間」を意味する。本稿では、年間の浸水状況、地形、植物景観の違いなどから、住民により主体的に分類された、周辺空間と明確に区分できる再現性ある土地区画（景域の一部）を指す（丸山・仁平 2005）。
- 5) 北海道農業研究センターでの観測値（梅村ほか 2003）や、筑波大学農林技術センターの乳牛で試用した結果でも、この値は妥当な数値であると判断できる。

参考文献

- 伊吾田宏正・早稲田宏一・櫻木まゆみ・宇野裕之・梶光一・金子正美・赤松里香・前川光司（2002）：首輪の評価とエゾシカへの適用。哺乳類科学, **42**, 113-122.
- 岩崎亘典・David, S.S.・竹ノ下祐二（2004）：中・小型哺乳動物用。テレメトリーの性能評価。GIS 理論と応用, **12**, 205-211.
- 宇野裕之・玉田克己・平川浩文・赤松里香（2002）：GPS テレメトリーの測位成功率及び測位精度の評価。哺乳類科学, **42**, 129-138.
- 梅村和弘・須藤賢司・小川恭男・渡辺也恭（2003）：首式バイトカウンターによる食草量の推定。日本草地学会誌, **49**（別号）, 216-217.
- 梅村和弘・須藤賢司・渡辺也恭・坂上清一・松村哲夫・篠田満（2005）：喫食回数による放牧搾乳牛採食量の推定法。 <http://cryo.naro.affrc.go.jp/seika/new/h1718.html>
- 鈴木健次郎・恒川篤史・高槻成紀・東英生（1999）：野生生物の生態研究における GPS の利用可能性金華山島のニホンジカ (*Cervus nippon*) を事例として。GIS - 理論と応用, **8**, 69-75.
- 杉本安寛・松岡陽平・守屋和幸（2005）：水飲み場の移動が林内放牧牛の行動圏に及ぼす影響。日本畜産学会報, **76**, 39-49.
- 田先威和夫・大谷 勲・吉原一郎・松本達郎著（1973）：『家畜飼養学』朝倉書店, 234p.
- 丸山浩明・仁平尊明（2005）：ブラジル・南パンタナールのピオトープマップ。地学雑誌, **114**, 68-77.
- 安江 健・近藤誠司・大久保正彦・朝日田康司（1994）：山地傾斜地における GPS (Global Positioning System) を用いた放牧家畜の位置測定の精度。北海道大学農学部牧場研究報告, **15**, 47-53.
- 安江 健・近藤誠司・大久保正彦・朝日田康司（1999）：山地傾斜地における夏季放牧牛群の休息場所の気象的特徴。日本家畜管理学会誌, **34**, 77-86.
- 吉田重治 1976.『草地の生態と生産技術』養賢堂, 267p.
- 吉村哲彦・杉本安寛・守屋和幸・北川政幸・立木靖之・岡崎康明（2002）：GIS・GPS による林内放牧牛の行動解析。日本林学会学術講演集, **113**, 187-188.

- Maruyama, H. and Nihei, T. (2007): Grazing behavior of cows measured by handheld GPS and bite counter collar: a case of Fazenda Baía Bonita in South Pantanal, Brazil. *Japanese Journal of Human Geography*, **59**, 30-43.
- Maynard, L.A. Loosli JK, Hints, HF and Warner RG. (1979): Units of reference in fasting metabolism. In Maynard, L.A. Loosli JK, Hints, HF and Warner RG. eds. *Animal Nutrition*. McGraw-Hill, New York, 394-397.
- Santos S. A., Costa C., and Crispim S. M. A. (2002): *Estimativa da capacidade de suporte das pastagens nativas do Pantanal, sub-região da Nhecolândia*. Corumbá: Embrapa Pantanal, 31p.
- Santos S. A., Abreu U. G. P. de, Crispim S. M. A., Padovani C. R., Soriano B. M. A., Cardoso E. L., e Niraes A. S. (2003): *Simulações de estimativa da capacidade de suporte das áreas de campo limpo da sub-região da Nhecolândia, Pantanal*. Corumbá: Embrapa Pantanal, 22p.
- Silva, J.V., Moraes, A.S., Seidl, A.F. (2001): *Evolução da agropecuária no Pantanal brasileiro, 1975-1985*. Corumbá: Embrapa Pantanal, 157p.
- Sprague, D. S., Kabaya, H. and Hagiwara, K. (2004): Field testing a global positioning system (GPS) collar on a Japanese monkey: reliability of automatic GPS positioning in a Japanese forest. *Primates*, **45**, 151-154.

Grazing Behavior of Cows in Dry Season Measured by Handheld GPS and Bite Counter Collar: a Case of Fazenda Baía Bonita in South Pantanal, Brazil

MARUYAMA Hiroaki^{*}, NIHEI Takaaki and KOJIMA Ana Yimico^{**}

We examined the grazing behavior (moving, resting and eating) of cows in south Brazilian Pantanal by using handy GPS and bite counter collar system. A traditional ranch with an area of 1743ha in Nhecolândia was selected as the study area. Among the area of the entire ranch, non-flooded year-round grassland occupies 26.0%. And the temporary grassland that is inundated with flood waters in the rainy season occupies 23.4%. The total area of the two types of grassland and forest reaches 90%, and they graze 906 head of cow. The measurement of grazing behavior for the four head of cow was carried out from August 4 to 7 in 2005. It was in the middle period of the dry season.

The migration distance of cow can be shown in order of land classification as; temporary grassland (57.5 km), year-round grassland (34.0 km) and forest (25.7 km). The number of jaw movement of cow can be shown in order of land classification as; temporary grassland (110 thousand times), year-round grassland (21 thousand times) and forest (19 thousand times). Estimating from the number of jaw movement, the amount of herbage intake per one head of cow varies from 9.1 to 25.6 kg per day. The grazing capacity for this ranch can be calculated by the results measured by our field survey, and the data of amount of pasture growth that was reported by a former study. As a result, grazing capacity for this ranch takes a range from 395 to 1112 head of cow. This study offers a method for estimating grazing capacity of ranches in the tropical wetland by using bite counter system and GPS. Hereafter we should examine the values of grazing capacity more accurate with taking account of the age of cow and the amount of pasture growth in different land use.

Key words: Pantanal, grazing behavior, GPS, bite counter collar, dry season

* College of Arts, Rikkyo University

** College of Veterinary Medicine and Zoology, Federal University of Mato Grosso do Sul