



Title	シミュレーションモデルによる放牧牛の食草移動行動と草地の空間的不均一性動態の予測 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	多田, 慎吾
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第11387号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55812
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Shingo_Tada_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称： 博 士（農学）

氏名 多田 慎吾

学 位 論 文 題 名

シミュレーションモデルによる放牧牛の食草移動行動と 草地の空間的不均一性動態の予測

草食家畜の放牧飼養は省力的な粗飼料主体飼養方法として有用である。放牧飼養による効率的な家畜生産のためには、家畜の放牧草地からの採食量(食草量)を高めることが重要であるが、食草量には放牧草地の空間的不均一性が大きく影響する。空間的不均一性とは放牧草の生長、あるいは採食を受ける頻度や程度が放牧草地の場所間で異なることによる放牧草の質・量の空間的な変動のことを示す。草食動物の草地での食草行動とその結果としての草地の空間的不均一性の動態は、社会関係、餌資源の量および空間的分布、これらの時間空間的変動といった様々な要素が相互に関連し合って構成される典型的な複雑系であるとみなせる。放牧システムを複雑系と捉えて検討する手法としてシミュレーションモデルを用いることが提案されている。しかし従来、動物の実際の行動メカニズムを踏まえたうえで、シミュレーションモデルが構築されることはなかった。その結果、現在まで管理等への応用に堪えうるような移動行動シミュレーションモデルは得られていない。

これらのことから本研究では、放牧牛について、1) 食草移動行動に影響を及ぼす要因について明確にし、2) それを基にシミュレーションモデルを構築し、3) このモデルによる食草移動行動および草地の空間的不均一性動態の予測を試みた。

得られた結果は次のように要約される。

1) 放牧牛の食草移動行動に影響を及ぼす要因の検討

1-1) 草地状態が放牧牛の食草移動行動に及ぼす影響

草高および空間的不均一性の高い草地(H 草地)と草高および空間的不均一性の低い草地(L 草地)で6頭のホルスタイン種非搾乳牛を放牧し、食草移動行動のFeeding Station(草食動物が前足を動かさずに採食できる範囲; FS)レベルでの解析と移動経路のフラクタル解析を行なった。FS滞在時間はH草地でL草地より長かった($P<0.05$)。移動経路については1歩より大きなスケールでは草地間でフラクタル次元(経路の歪曲度)に違いはみられなかったが、1歩レベルのスケールでは経路の歪曲度はH草地でL草地より大きかった($P<0.05$)。これらのことから、ウシは餌資源の量や分布の違いに対して1歩単位での移動行動を調節することで対応できることが明らかとなった。

1-2) 群の他個体が放牧牛の食草移動行動に及ぼす影響

ホルスタイン種非搾乳牛4頭からなる牛群を放牧し、食草移動時にみられる先導・追従関係の解析を行なった。解析の結果、他個体が食草を伴わない長距離の移動をしたとき、その個体を追従する頻度が多く、移動が開始するタイミングに他個体の影響があることが示唆された。また、各放牧牛の進行方向は統計的に一致しており($P<0.01$)、移動の方向にも他個体の影響があることが示唆された。しかし、このような時間的、空間的な影響のいずれにも、群内で有意に高い先導、追従性を示す個体はみられなかった。以上のことから、群内の各個体は他個体の食草移動行動に時間的、空間的に影響するが、どの個体も同程度その影響に寄与しうることが示された。

2) 放牧牛の食草移動行動シミュレーションモデルの構築および妥当性の検討

放牧牛の食草移動行動への草地状態および他個体の影響について検討した結果を基にシミュレーションモデルを構築した。モデル内で草地は1辺の長さが0.5mである正六角形セルの集合体として表されるとし、モデル内のウシは単位時間ごとに(1)現在のセルで採食するか否か、(2)採食しない場合どの方向に移動するか、の2つの意思決定プロセスをもつと設定した。(1)では草地状態が1歩ごとの採食時間に影響したという結果と、食草を伴わない長い移動において他個体との先導・追従関係が多く観察されたという結果に基づいて、滞在セルの草量および他個体の食草を伴わない移動持続時間が影響するとした。(2)では放牧牛が草地状態の違いに対して1歩スケールの移動行動を変化させたという結果および各放牧牛の進行方向は各個体がランダムに移動するとした場合より一致したという結果に基づいて、滞在セルおよび隣接するセルの草量と最近接個体の進行方向が影響するとした。これに遺伝的アルゴリズムと呼ばれる最適解探索アルゴリズムを組み合わせ、モデル内で時間当たりの食草量が最大となるような食草移動行動を予測できるようにした。

このモデルを用いて、モデルの予測値と実際に観察された放牧牛の食草移動行動との比較を行った。この結果、モデルは草地状態や放牧頭数の違いに対する実際の放牧牛の食草移動行動調節を再現することができ、構築したシミュレーションモデルは実際の放牧牛の食草移動行動を表現しうると判断した。

3) 構築したシミュレーションモデルを利用した放牧牛の食草移動行動および放牧草地の空間的不均一性動態の予測

構築したモデルを用いて、放牧管理において制御しうる要因である草地状態、放牧頭数および牧区面積の3つの要因がそれぞれ異なる場合の食草移動行動をシミュレートした。この結果、これらの食草移動行動への影響には要因間の交互作用がみられた。すなわち、放牧家畜1頭当たりの放牧草割当量(放牧強度)が同じでも食草移動行動は異なる可能性が示され、これが空間的不均一性の変化にも影響することが考えられた。

さらに、放牧草地の草高の度数分布変化を空間的不均一性の変化とみなし、実際に測定した度数分布データと比較することで本モデルの空間的不均一性予測における有用性を検証した。放牧開始から1日経過後までの短期間の草高の度数分布変化予測を、①草地状態の影響のみを検討したモデル、②他個体の影響のみを検討したモデルおよび③これらの両要因を検討したモデルの3つのモデルにて試みた。その結果、③の草地状態と他個体の両要因を考慮した場合のみ草地の草高の度数分布変化を予測することができ、空間的不均一性の予測にあたってはこれら2つの要因を検討することの必要性が示された。

次に、放牧開始から12日経過後までの中期間の草高の度数分布変化予測を、①モデル内の半日ごとに最適行動を計算するモデル、②1日ごとに最適行動を計算するモデル、③6日ごとに最適行動を計算するモデルの3つのモデルにて試みた。この結果、①、②の半日もしくは1日ごとに最適行動を計算するモデルで食草移動行動および草地の空間的不均一性変化を予測することができ、中長期的な不均一性動態予測を行なうには、モデル内で1日間隔程度での行動の更新が必要であると判断された。

以上を踏まえ、草地状態と他個体の両要因を考慮し、モデル内の1日ごとに最適行動を計算するモデルを用いて、放牧期全体の長期間にわたる草高の度数分布変化予測を、草地状態および放牧頭数が異なる3通りの放牧条件それぞれについて試みた。いずれの放牧条件においても、モデルにより予測された草高の度数分布変化は2週間ごとに実際に測定した度数分布の変化とよく合致した。

以上のように本研究にて、様々な条件下での放牧牛の食草移動行動および草地の空間的不均一性動態を検討可能な食草移動行動シミュレーションモデルを構築することができた。