

オレゴン州における
マダラフクロウ保護と森林火災に直面した林業形態

慶應義塾大学
大沼あゆみ研究会 10 期

森班

植村広樹

大畑淳也

大藪 梓

桐山綾子

目次

| | |
|--------------------------------------|----|
| 序文..... | 3 |
| 1：森林と林業..... | 4 |
| 1,1 アメリカ合衆国における森林と林業..... | 4 |
| 1,2 オレゴン州における林業とその変遷..... | 5 |
| 2：マダラフクロウ(Northern spotted owl)..... | 9 |
| 3：森林火災..... | 11 |
| 4：分析..... | 13 |
| 4-1 問題意識..... | 13 |
| 4-2 分析の進め方..... | 13 |
| 4-3 モデルの設定..... | 13 |
| 4-3-1 基本モデル..... | 14 |
| 4-3-2 火災リスク直面モデル..... | 15 |
| 4-3-3 営巣リスク直面モデル..... | 16 |
| 4-3-4 火災リスク、営巣リスク直面モデル..... | 17 |
| 4-4 林業者収入拡大を目的とした対策の比較..... | 17 |
| 4-4-0 施策基本モデル..... | 18 |
| 4-4-1 価格プレミアム付加モデル..... | 19 |
| 4-4-2 補償金モデル..... | 21 |
| 4-5 施策の効果についての分析..... | 27 |
| 4-5-1 火災リスク直面モデル..... | 27 |
| 4-5-2 営巣リスク直面モデル..... | 28 |
| 4-6 時間選好の変化についての分析..... | 28 |
| 5 結論..... | 30 |
| 6 参考文献..... | 31 |

序文

1990年代、マダラフクロウ(Northern Spotted Owl)という希少種の保護問題がアメリカ合衆国で社会問題となった。アメリカ太平洋側西部の貴重なオールドグロウス林に住むこのフクロウに関わる問題はマダラフクロウの「絶滅のおそれのある種」指定をきっかけに、当該地域の林業者に大きな影響を与えた。

本論文では当地域からオレゴン州を取り上げる。オレゴン州はアメリカ合衆国太平洋岸法制区部地域に位置する。太平洋北側にはワシントン州、南側にはカリフォルニア州と接し、人口は383万人、総面積は255,026 km²うち森林面積は123,300 km²あり、約半分もの土地を森林が占めている¹。オレゴン州に広がるカスケード山脈においては、目の前に広がる濃い緑の森林が川や湖そして広い空の青と織りなす景観が存在し、オレゴン州南部には年間約40万人ほどの訪問者数を誇るクレーターレイク国立公園がある。またオレゴン州には国境をまたがるコロンビア川、その支流である全長1,670kmもあるスネーク川が流れている。これほどまでに自然に溢れているオレゴン州では第一次産業が非常に重要な位置を占めており、漁業や林業や農業が主な産業となっている。他にも近年、ハイテク産業やサービス業を中心に主要な雇用主となっている。広大な森林面積を持つ当州は国内最大の軟材生産量を誇り、林業の重要性は大きい。州政府としても1911年にオレゴン州林務部(Oregon Department of Forest)を設立して以来、森林火災対策・再造林に取り組んできた歴史を持ち、市民参加の盛んになった1990年代からは野生生物保護規定の充実にも力を入れてきた。一方で当地域の固有種であり、オールドグロウス林のみに生息するマダラフクロウは、1980年代の環境保護意識の高まりの中で注目されるようになり、環境保護団体により連邦法「絶滅のおそれのある種の法律(Endangered Species of Act, ESA)」における「絶滅のおそれのある種(threatened species)」への指定を求める運動が行われた。マダラフクロウの保護はオールドグロウス林の保護とほぼ同義であるため、利害の相反する林業を巻き込んで大論争を起こすことになった。この争いは90年「絶滅のおそれのある種」への指定、及び94年のクリントン元大統領による「フォレストプラン」で一応の解決を見せた。この計画によりオールドグロウス林からの木材生産からの事実上の退避を強いられた林業は、施業方法の変化に直面することになった。

本論文ではまず現状の林業者の行動について経済モデルによって分析をし、その後現在問題視されている伐採期の短縮への対応として二つの政策のシミュレーションを行う。そこで林業者の収入や最適伐採期の変化を見た上で、州政府が行う最適な林業政策について提言をしていく。

¹ オレゴン州公式日本語ガイド「Facts」<http://www.oregonjapan.org/about/facts.html> (2013,1/13 アクセス)

1：森林と林業

1,1 アメリカ合衆国における森林と林業

まずアメリカ合衆国全体における森林・林業について触れる。

アメリカの森林面積は 2010 年現在、国土の 33%を占め年間増減率は 0.1%程度で 20 年安定している(Global Forest Resources Assessment,2010 Global Report²)。しかし現代においては地球温暖化に代表されるような気候変動により森林の健全性が脅かされる危険性が増す可能性があるといわれている。米国および隣接するカナダでは森林火災の深刻さと頻度が増している上、気候変動を原因とするとみられる干ばつがこれに拍車をかけているためである。森林による環境サービスへの注目が高まる米国においては様々な制度で気候変動による影響の低減に取り組んでいるが、中でも重要性を増すと思われるのは森林の炭素固定の役割である。米国にはカーボンオフセットを組み込み、排出削減を義務づける州もあるほどである。排出権取引市場が今後も成長を続け、採算性ある選択肢として見なされれば森林の役割は増していくと考えられる。

林業部門の粗付加価値が GDP に占める割合および雇用人数が総労働力に占める割合はいずれも 1%程度であるが、これは米国内での経済不振、とりわけ建設部門の不振にあおられての下降とみられている。この経済不振が続くことで、林業部門は経済の短期的な変化への対応を余儀なくされるため、持続可能な森林経営に対する長期的な取り組みが弱まり、森林管理が打撃を受ける可能性がある。建設部門の不振による住宅需要の低下は林業部門の生産と雇用の規模を縮小させるほか、森林経営への投資が激減することにより民有林が売却・整理され、多用途への転用が危ぶまれる。

また、森林の重要な活用法として戸外レクリエーションが上げられる。American Recreation Coalition によれば、2006 年に観光旅行に出かけた人の 5 人に 1 人が国有林を訪れている³。

² Global Forest Resources Assessment, Global Tables
<http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/> (2013,1/13 アクセス)

³ American Recreation Coalition, Great Outdoor Week 2006 Report
<http://www.funoutdoors.com/node/view/1538> (2013,1/13 アクセス)

1,2 オレゴン州における林業とその変遷



オレゴン州における林業セクターは工業収入全体の 6.9%にも及ぶ。また林業は主に郊外で行われる産業だが、州の平均収入の\$40,742 よりも 8%上回る\$43,952 と都会の産業に引けを取らない程主要な産業である事が分かる。また序文でも記述した様に、アメリカ合衆国におけるマダラフクロウの主な生息地としてオレゴン州、ワシントン州、カリフォルニア州が挙げられるが、3州の林業者数と労働人口の割合を比較⁴した時、オレゴン州が約2倍高いのが分かる。

| 順位 | 州 | 割合 | 労働人口 | 林業者 |
|----|---------|---------|------------|--------|
| 1 | オレゴン | 0.00348 | 1,981,500 | 6,900 |
| 2 | ワシントン | 0.00162 | 3,517,900 | 5,700 |
| 3 | カリフォルニア | 0.00158 | 18,404,500 | 29,100 |

また、オレゴン州の森林面積は約 6200 万エーカー (約 2500 万 ha) となっており、そのうち森林面積は 2800 万エーカー(約 1130 万 ha)となっている。これは州全体の森林面積の約 45%にあたる。森林所有割合は、57%が連邦政府と最も高く、次いで 39%が私有、3%が州政府、1%が郡政府などの州以外の地方公共団体となっている。

また州政府は、オレゴン州の森林地帯を経済林(timber land)と非経済林に分けており、非経済林地帯では木材生産は基本的には行われない。経済林とは「法律や規則によって木材生産が制限されておらず、かつ現在木材生産を行っているか、あるいは木材生産に耐えうる森林」を指し、1 エーカー当たりの年間成長量が約 20 万フィート(1.85m³)以上あるかどうか判断基準である。一方非経済林とは、前記以外の森林全体を指す。そして、現在約 2400 万エーカー(約 971ha)が経済林と指定されて木材生産が行われており、これはオレ

⁴DOL 「米国労働省 オレゴン州、ワシントン州、カリフォルニア州」
<http://www.bls.gov/eag/eag.or.htm>

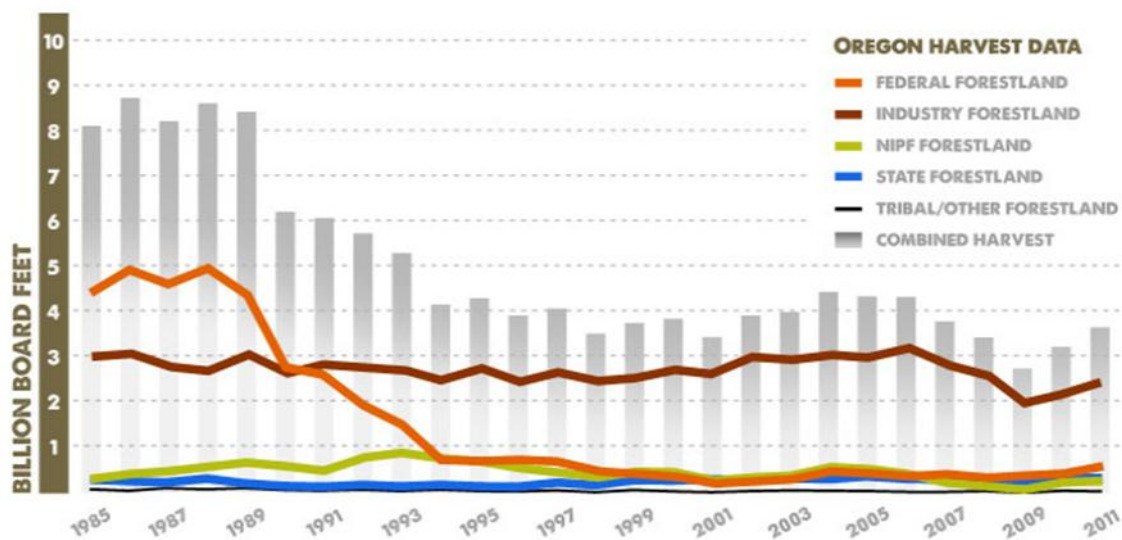
ゴン州の森林面積の約 80%に当たることからもオレゴン州の林業の盛んさが伺える。

オレゴン州の森林資源は東部地域と西部地域とでは特徴が異なる。オレゴン州東部地域では比較的乾燥地帯が多く、よって自然的生産力が低い。よって建築用材としては劣るが、乾燥地帯で植生しやすいポンドローサ・パインやロジポールなどが優占樹種である。一方、西部地域では湿潤な地域が多い。従って、加工性、耐久性に優れ、適当な硬さを有しているなどの利点から建築用材として使用用途の高いダグラス・ファー、ヘムロックが優占樹種になっている。

さらに詳細に樹種の分布を見ていくと、ダグラス・ファーはオレゴン州西部地域のカスケード山脈までのウラメット谷と呼ばれる地域を中心に分布している。また、ダグラス・ファーはオレゴン州における製材用丸太の 75%を占めており、さらに皆伐跡地の造林樹種の大半を占めている。この理由としては、先ほども述べたとおり、建築用材としての用途が高いこと、陽樹であることであることなどが挙げられる。ヘムロックはオレゴン州西部地域の太平洋岸に沿った 15km~30km の帯状に植生している。

オレゴン州で伐採された木材の主な貿易国は日本や中国や韓国などが挙げられる。日本に対する木材輸出量は日本の木材需要量が減っているため近年減少傾向にある。その理由として住宅着工件数が高齢化や、技術の進歩による耐久性の高い優れた住宅づくりにより減などが要因となっている。それに比べ、中国は丸太の輸入量を階級の低いダグラスファー、ヘムロックを中心に 2009 年から飛躍的に増大させている。

オレゴン州森林資源研究所によると、企業や個人による私有林の木材収穫量は安定しているが、国有林はここ 20 年間の法整備などにより 90%も木材収穫量が減っている。その影響により樹齢の高い原生林を伐採することが困難になり、近年では樹齢の低い育成林の伐採にシフトしている。施業が人工林にシフトし、短期的な利益追求のために伐採期が短縮される傾向は、生産される木材の小型化に直結する。これを木材の直径が細くなる、という意味で捉え、本論文では小径木化と呼んでいる。近年では利益が見込めない程までに伐採期が短くなり、持続可能な経営の面から問題となっている。



※図中の「FEDERAL FOREST LAND」が連邦有林、つまり国有林を指す。90年前後を機に木材生産の劇的な減少が見てとれる。図は Oregon Department of Forestry (<http://www.oregon.gov/odf/Pages/index.aspx>)より。

オレゴン州の木材生産量の変化には大きく分けて 3 つの特徴がある。それは①オレゴン州の木材生産量は 1989 年までは西部地域では 60 億 bf(約 2712 万 m³)、東部地域では 20 億 bf(約 90 万 4000m³)と高水準で推移してきたが、1990 年から 1994 年にかけて急速に減少し、西部地域では 30 億 bf(約 1356 万 m³)、東部地域では 10 億 bf(約 452m³)以下まで低下したこと、②オレゴン州の木材生産量は東部地域よりも西部地域のほうが圧倒的に多いこと、③減少の度合いは西部地域よりも東部地域の方が大きかったこと——の 3 点である。①は先ほども述べたとおり、東部地域に比べて西部地域の方が建築用材として用途の高いダグラス・ファー、ヘムロックが多く植生していることに起因する。一方②、③は 1980 年代から 90 年代に焦点が当てられるようになったマダラフクロウ保護問題に起因する。このマダラフクロウ問題はオレゴン州の国有林の立木販売量を著しく減少させた。そこで次節では、国有林での木材生産が大幅に減少した原因について言及していく。

先に示したグラフはオレゴン州における所有形態別木材生産量の経年変化を表したものである。ここで参照点としてマダラフクロウ問題による木材生産規制前の 1986 年と規制後の 2001 年の木材生産量を比較すると、連邦有林、私有林、公有林(前述州政府所有林、群などの州以外の地方公共団体所有林を合わせたものと同義)のそれぞれが違った推移の仕方をしていることが分かる。まず、国有林は 49 億 2000 万 bf(約 2224 万 m³)から 2 億 400 万 bf(約 92 万 m³)へ、およそ 96%減少した。次に私有林は 30 億 6600 万 bf(約 1386 万 m³)から 26 億 2400 万 bf(約 1186 万 bf)へ、およそ 15%の減少をした。また公有林は 3 億 3000

万 bf(約 149 万 m³)から大きな変化は見られず、横ばいで推移した。このことから、マダラフクロウ問題に起因する木材生産量は国有林に甚大な影響を及ぼしたことが分かる。これは後ほど詳しく述べるが、マダラフクロウがオールドグロウス林にしか生息できないことと関係している。その結果、オレゴン州の木材生産量の対象となる中心的な木材資源は国有林から私有林へと変わっていくこととなる。

また、変化はそれだけではない。以下は小径木化の実情について述べていく。かつて、オレゴン州のダグラス・ファーの伐齢期は 60 年から 70 年であった。しかし現在、この伐齢期は 40 年~50 年に短伐期化している。これにより、生産される木材は小径木化していくこととなった。下図は、径級別森林蓄積量の変化を表したものである。このグラフから読み取れる情報としてまず、11.0 インチ以下の小径木は 1952 年から 2002 年の 50 年間で一定値を保っており、11.0 インチ~21.0 インチ以下の中径木は微増、21.0 インチ以上の大径木は大幅に減少していることが挙げられる。このことから、1952 年から 1992 年までは大径木の減少、小径木の増加が起こり、1992 年以降は資源の小径木化に対応するために製材では小径木を使ったものが中心となり、大径木の減少がゆるやかになったといえる。

森林資源の小径木化は本来、マダラフクロウ問題をはじめとする環境問題の深刻化によりもたらされたものではなく、この地域で長年にわたって行われた木材生産によって引き起こされた問題である。しかし、マダラフクロウ問題により大径木であり国有林であるオールドグロウス林の伐採が規制されたこと、短伐化が起きていることなどからオレゴン州の森林資源の小径木化が引き起こされたのである。

2 : マダラフクロウ(Northern spotted owl)

本論文で扱う「マダラフクロウ」とは spotted owl の4亜種のうち、最も北に生息する「Northern Spotted Owl」である。(日本語での呼称はマダラフクロウ、ニシヨコジマフクロウが一般的であるが、ここではマダラフクロウで統一する。)Spotted owl 全体としてIUCN レッドリストに準絶滅危惧種として登録されている。目安として準絶滅危惧種は「存続基盤が脆弱な種。現時点での絶滅危険度は小さいが、生息条件の変化によっては「絶滅危惧」として上位ランクに移行する要素を有するもの」とされている。

マダラフクロウは体長 40~50 センチほどの小型の猛禽類であり、北アメリカ大陸西海岸地域の固有種である。その営巣地はオールドグロウス林と呼ばれる樹齢 200 年以上の木が中心となる森に限られるため、現在は国有林のうちわずかに生息していると考えられている。営巣地域が極めて限定的であるという適応能力の低さゆえに、マダラフクロウの保護政策はオールドグロウス林の保護と同義と扱われ、林業の施業規制を始めとした様々な政策がとられてきた。

マダラフクロウの保護問題は 70 年代、オレゴン州立大学の研究者による調査から始まった。このとき確認された個体数は数百羽であり、これが個体数の維持に十分でないと判断されたのである。彼らの働きかけもあり 73 年、州に「絶滅の危機にある種の対策委員会」が設立され、のちに州林務部・連邦土地管理局との合意の下に保護基準が作成された(詳細は欄外で)。一方で、73 年の連邦法「絶滅のおそれのある種の法律(Endangered Species of Act, ESA)制定、また 76 年「国有林経営計画法」制定により、国有林内での野生生物保護の基礎が作られた。一方で 70 年代、アメリカ国有林は各地で大規模な森林伐採について批判を受けていた。ウェストヴァージニア州のモノンガヒーラ国有林における皆伐反対訴訟では、基本法(Organic Administration Act of 1897)の森林の管理目的を理由として、皆伐が違法とされた。この頃から観光保護団体が法廷闘争によって目的を達成しようとする動きが盛んになっていった。

80 年代後半、環境保護団体が太平洋岸北西部の国有林に残ったオールドグロウス林の保護に目をつけ、マダラフクロウの「絶滅のおそれのある種の法律」への指定を目指して訴訟運動を活発化する。この指定を受けた種に対してのいやがらせ、傷つけたり殺したりといった行為は禁止されるが、マダラフクロウの場合には営巣地付近での伐採活動や林道建設が禁止されることになるためである。オレゴン州野生生物委員会による指定を経て、90 年マダラフクロウは EPA における「絶滅のおそれのある種」として指定された。これにより 91 年、シアトルの連邦地裁が国有林での立木販売の一時中止等を行ったことを受け、94 年クリントン元大統領が国有林の年間伐採量を削減する森林計画を提出し、問題は一応の解決を見せた。

しかしながら近年、東海岸からのアメリカフクロウ(barred owl)の移動が問題視されている。

より大型で適応能力の強い種であるアメリカフクロウは、マダラフクロウと生息地や餌などの面で競合しているといわれる。2011年、オバマ大統領がマダラフクロウ保護政策として生息地のいっそうの保護、森林の健康を保つこと、アメリカフクロウとの競合を避けることを上げており、現にいくつかの州ではアメリカフクロウの狩猟が計画されている。

オレゴン州での林業は届出制であり、その認可はオレゴン森林施業法(Oregon's Forest Practice Act)に基づいて行われる。再造林を始めとした施業に直接関わる要素の他、水辺の保護や野生生物の生息地の保護も中心的な要素として位置づけられており、マダラフクロウ、オオアオサギ、ハクトウワシなどについて個別に規定がある。

マダラフクロウに関する規定の中心は営巣地域周辺の伐採規制である。「営巣木周辺 70 エーカーの重要な生息地の保護」「繁殖に重要な時期(3月～9月末)の生息地のマダラフクロウへの妨害を防ぐ」ような計画書が実行前に求められる。「重要な生息地」は上空の 60～80% を樹冠が覆っており、それを構成する樹木が多様かつ大型であること(胸高直径 30 インチ以上)、欠損木(枝の折れた木、腐食した木、空洞のある木など)があること、樹冠の下にフクロウの飛ぶ十分なスペースがあることなどの特徴が上げられ、このうち 2 つ以上を満たすものとされている。



3：森林火災

森林火災は広大な森林面積を持つ地域にとって避けられない問題であり、林業者にとっては木材の商品価値の喪失というリスクとなるため、多くの対策が取られる。以下ではまず一般的な森林における火災について述べ、それからオレゴン州における森林火災の歴史を論じる。

森林火災とは山や森林で広範囲にわたって発生する火災の事である。火災の発生原因として挙げられる理由は主に二つに分かれる。一つ目が自然発火で、二つ目が人災である。自然発火は雷や木々などが摩擦によって起こす火が原因となって起こり、人災はタバコや焚火などの不始末が原因である。自然発火により起こる山火事は成長しすぎた木を燃やし、新しい樹木が育ちやすい環境を促す役割とされ自然のサイクルの一現象としてとらえ、人命に影響しない限りむやみに消火しない方が主流となってきた。逆に人災は自然に対して大きな被害を及ぼし、生物多様性や公益的機能の消失、洪水被害の拡大、水源涵養機能の喪失や土砂流出による洪水の被害の拡大や、特定の動物の大量発生など様々である。近年ではこうした人災が人間の影響で増えていて、務省消防庁⁵のホームページによると日本では平成22年の林野火災1392件の内、人為的な要因（たばこ、焚火、火遊び等）が70%を占めている。人間が消火活動を行うと莫大なコストがかかるため、主な森林火災の消化方法として防火帯による自然鎮火を待つ方法が一般的である。

アメリカでの事例としては、イエローストーン国立公園を上げる。イエローストーン国立公園はアイダホ州、モンタナ州、ワイオミング州にまたがり、8980平方kmにわたる世界初の国立公園である。数々の川や湖、山などが見られ、ヘラジカやオオカミ、バイソンをはじめとした様々な生物が生息している。イエローストーン国立公園は1872年の指定以降、火災防止策と消火を行う積極的消防対策が取られていた。発生の防止策としては、燃料となる下草などの集積をコントロールするための火入れ、監視体制の強化などが行われた。とくに第二次世界大戦後には技術進歩により、消火対策にも一定の効果が見られた。しかし1960年代ごろから、この対策が自然生態系にとって適切かが疑問視されるようになった。落雷などによる自然火災を森林の更新の重要なプロセスとみる生態学者もいるためである。したがって公園内の多様な生態系は火災によって成立・維持されるとされ、公園当局は1972年に新しい火災管理対策を実施した。落雷による火災は可能な限り自然鎮火にまかせ、人命や財産に危険が及ぶ火災、特別に保護されるべき場所や生物種の生育地の火災に限り、消火された。消火においても化学消火剤や機材の投入にあたって、それらが与える環境への影響が慎重に検討され、集積した燃料の除去は厳重な制御下で行われる。

⁵林野火災を防ごう！～全国山火事予防運動～

<http://www.fdma.go.jp/ugoki/h2401/28.pdf> (2012/11/20 最終アクセス)

オレゴン州でも森林火災は大きな問題であったことは、林務部設立の当初の目的が森林火災対策であったことからわかる。

オレゴン州における火災の確率は非常に高い。アメリカのオレゴン州森林研究所⁶によると40パーセントもの森林がクラス3に指定されていて、大きな災害リスクが常ならず起りうるとされていて、45パーセントはクラス2に指定され中程度の火災リスクがある。キープオレゴングリーン(KOG)非営利団体が作成した2012年年次報告書⁷によると人為的に起こった山火事は報告があったもの全部で508件にも及ぶ。鎮圧にかかった費用は\$2,377,254に及び10,549エーカーもの森林が焼き尽くされた。大火災が起きた場合、生態系のバランスは崩れやすく、大量の二酸化炭素や汚染物質を排出する可能性が高い。また林業者としては火災で焼失した木材は市場価値が無くなってしまいうため非常にやっかいな存在である。これに対してKOGはさまざまな広報活動を行い2008年には\$365,567を費やし、人為的の撲滅に取り組んでいる。こうした活動とは対照的に、自然発火に対する考えはオレゴン州での生態学の発展により1960年代から森林火災のむやみな鎮火を止め、人為的のみに鎮火活動をする方向性になった。その理由として本来自然発火などで起こった火災を人間が食い止める事により、本来の量より多くの樹木が立つ事でより一度に燃えやすくなってしまい結果として大火災が起きやすい環境を作ってしまうからである。こうした火災リスクが高い状態の森林の対処法として現在では大きく2つの方法が施策されている。

一つは間伐である。間伐は、込みすぎた森林を適正な密度で健全な森林に導くために、また利用できる大きさに達した立木を徐々に収穫するために行う間引き作業で、最も経済的な施業法とされている。土壌、水資源の保全や生物多様性など多様な森林の機能の発揮に役立つ。その意味で、間伐は収穫技術として、また健全な森林生態系を維持する技術としてきわめて重要な意味をもつ。Lee and Irwin, 2005のシミュレーションでは火災リスクが高い森林を間伐した際に起こるマダラフクロウの個体数の変化を評価した。間伐の結果、火災が減り個体数が増えると推測され、またマダラフクロウが生息する時に欠かせない樹冠の質の低下が間伐後60年間起こらないと指摘した。

もう一つは野焼きである。野焼きは英語で **Controlled burn** と呼ばれ文字通り森林を管理するための技術として使われ、小規模の火災を人間が意図的に発生させる事で森林に立つ燃えやすい木々を分散して焼失させ、大規模の火災を防ぐ方法である。この方法はマダラフクロウの生息地を守る上で必要な施策となっているが反対の声も大きい。その理由として長期的に見た場合、火災リスクが減る事により生息地は拡大していく半面、短期的に見た場合獲物が減ってしまい個体数が減ってしまうのではという懸念があるからだ。

⁶OFRI 「なぜオレゴン州の森林火災発生率は高いの？」

http://oregonforests.org/sites/default/files/publications/pdf/Fact_Fire.pdf

⁷KOG 「2012年年次報告書」

<http://www.keeporeongreen.org/2012%20Annual%20Report.pdf>

4：分析

4-1 問題意識

今日のオレゴン州において、林業者がマダラフクロウの営巣による伐採規制を受けるリスクと森林火災のリスクの二つのリスクに直面し、安定した収入を得ることが難しくなっていることを1～3章で説明してきた。リスクを減少させるため、林業者は主に伐採期を短くすることで対応し、結果として商品である木材は小径木化した。これは短期的な収入の確保にはなっても一度の伐採あたりの収入は従来に比べて少なく、長期的な目で見れば効率的な施業とは言い難いものである。

したがって林業者が伐採期を伸ばし収入を増加させるには、リスクの減少と確実な収入の確保が何よりの急務であると考えられる。しかし現状において、この二つが林業者自身によって解決されることは難しいと考えられる。そのため以下の分析においては、林業者が伐採期を長期化することが収入の増加に繋がるような状況の創出を意図していく。

4-2 分析の進め方

現状の問題点は、林業者が二つのリスクにさらされることで林業ならではの長期的な経営ができていないことにある。中でも、政府が進めているマダラフクロウ保護政策が林業者にとっては伐採延期のリスクとなることが深刻である。マダラフクロウはオレゴン州周辺のオールドグロウス林という極めて限定的な環境でのみ生息する種であり、この地域において保護することの意味は大きい。私たちは、どのような施策をとることで保護政策を行いながら林業者の収入を増加させることができるかを検証していく。

分析は主にエクセルを用いたシミュレーションによって行う。まず現状分析を行うため、リスクのない「基本モデル」から始め「火災リスク直面モデル」「営巣リスク直面モデル」でそれぞれのリスクを独立的に分析し、最後に二つのリスクを内包した「現状モデル」を見ていく。その後、現状を踏まえて施策を二パターン提案し、それぞれについての効果を見ていく。どのモデルにおいても、林業者の収入、およびそれを最大化させる伐採期の変化に注目する。

4-3 モデルの設定

【仮定】

このモデルの主体である林業者について以下のように仮定する。

- ・人工林（ダグラスファー）による林業を行っており、 t 年後に区画内の伐採を一度に行う。植林、育林、伐採の費用を考慮しない。
- ・施業地域はオールドグロウス林に近く、マダラフクロウの営巣が見つかった場合には規制を受け、伐採を延期しなくてはならない。ただし営巣期間(10年間)が t 年目に重

ならない場合、影響はない。

- あるマダラフクロウの営巣期間中には、他のマダラフクロウは営巣しない。
- 森林火災が発生した場合、人工林は全て焼失する。
- 短すぎる伐採期は非現実的なため、 $t \geq 11$ とする。

【パラメーター】

使用するパラメーターは以下の通りである。

$L(t)$: t 年目に伐採することで得られる木材の体積を表す木材の成長関数

$$L(t) = 10t + 70t^2 - 0.02t^3$$

r : 1年以内に森林火災が発生しない確率

w : 1年以内にマダラフクロウの営巣木が規制範囲内で見つかる確率
(マダラフクロウ保護政策の影響を受ける確率)

δ : 割引率 (=0.05)

p : 木材価格

4-3-1 基本モデル

まずはマダラフクロウ保護政策の影響および森林火災リスクを考慮しない最も基本的なモデルから考えてみる。このモデルでは林業者が木材から得られる収入が最大になるように伐採期を定める。

このモデルでは林業者収入の現在価値 π_f は以下のように表せる。

$$\pi_f = e^{-\delta t} pL(t)$$

これを t によって微分し、 π_f を最大化する t を求めると、

$$\frac{d\pi_f}{dt} = (-\delta)e^{(-\delta)t} pL(t) + e^{(-\delta)t} pL'(t) = 0$$

$$\delta e^{(-\delta)t} pL(t) = e^{(-\delta)t} pL'(t)$$

$$\delta pL(t) = pL'(t)$$

この式において、左辺はわずかに待つて成長させることによる追加費用であり、右辺はわずかに待つて成長させることにより増加する木材の限界価値である。つまり、限界費用と限界価値が等しくなる t 年目に伐採することで収入最大化がなされるのである。

4-3-2 火災リスク直面モデル

1年以内に森林火災が発生しない確率を r としたことから、 t 年後に森林が残っている確率を e^{-rt} と表し、まずは森林火災のリスクのみを考慮した場合のモデルを考えていく。林業による t 年目の収入、 π_f は以下のように期待値として表せる。

$$\pi_f = e^{-\delta t} e^{-(1-r)t} pL(t)$$

これを t によって微分すると

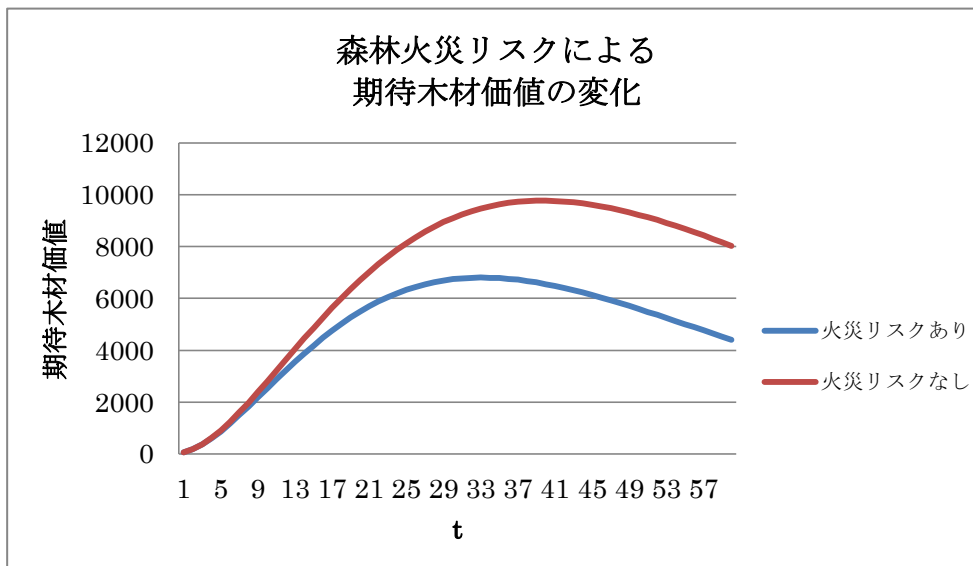
$$\frac{d\pi_f}{dt} = -(1-r+\delta)e^{-(1-r+\delta)t} pL(t) + e^{-(1-r+\delta)t} pL'(t) = 0$$

$$(1-r+\delta)e^{-(1-r+\delta)t} pL(t) = e^{-(1-r+\delta)t} pL'(t)$$

$$(1-r+\delta)pL(t) = pL'(t)$$

この式を 4-3-1 の式と比較してみると、左辺に $rpL(t)$ が足されていることが分かる。つまり、わずかに待つて成長させることによる追加費用とその間に森林火災が発生することの期待費用の合計が、わずかに待つて成長させることにより増加する木材の限界価値に等しくなる t で伐採が行われることになり、 t は短くなるのである。

4-3-1 と 4-3-2 のモデルに $p=0.65$ 、 $r=0.99$ 、 $\delta=0.05$ 、 $L(t)=10t+70t^2-0.02t^3$ を代入し、グラフで比較してみると以下のようなになる。



火災リスクなしのモデルでは、 $t=40$ の時に最大値 $\pi_f=9775$ となるのに対し、火災リスクありのモデルでは、 $t=33$ の時に最大値 $\pi_f=6806$ となる。つまり火災リスクを考慮することで、林業者は7年早く伐採を行うのである。

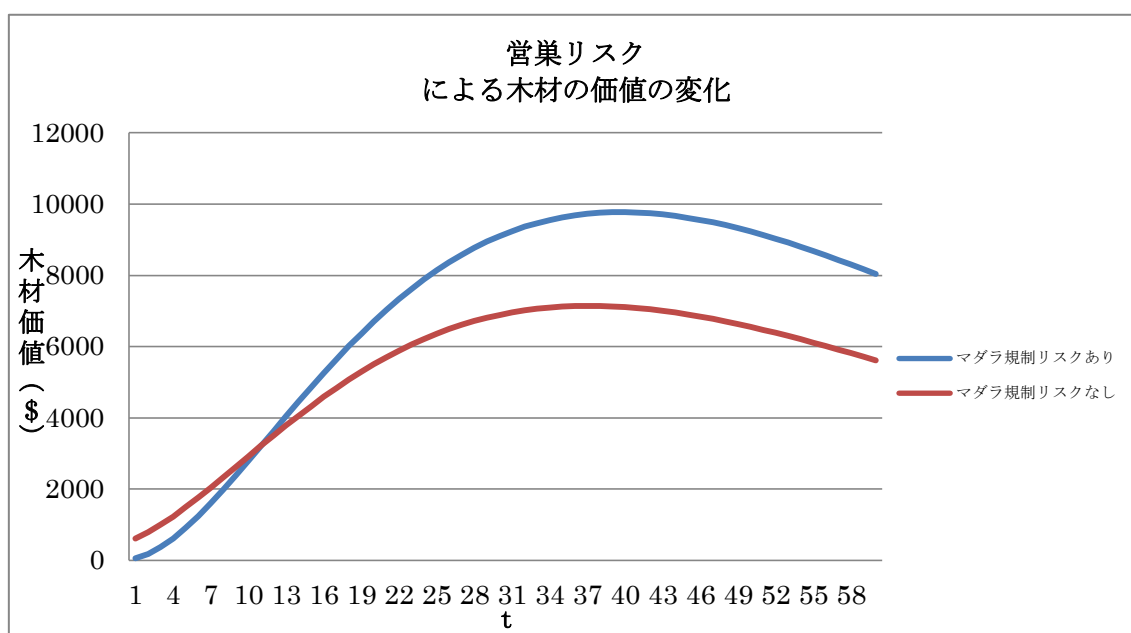
4-3-3 営巣リスク直面モデル

1年間にマダラフクロウが営巣する確率を w とすると、林業者の期待収入は以下のように表せる。伐採の延期はマダラフクロウの営巣が伐採予定年次である t 年目に重なった場合にのみ起こる。したがって、営巣が $(t-9)$ 年以降に起こった場合にのみ影響を受けるため、下段のような式となる。

$$\pi_f = e^{-\delta t} (p \cdot (1-w)^{10} \cdot L(t)) \quad : \text{通常}の収入$$

$$+ \sum_{i=t+1}^{t+10} [e^{-\delta i} \cdot p \cdot w (1-w)^9 \cdot L(\alpha)] \quad : \text{マダラフクロウが営巣した場合の収入}$$

マダラフクロウ保護政策の影響を考慮した4-3-3のモデルと4-3-1のモデルに $p=0.65$ 、 $w=0.1$ 、 $\delta=0.05$ 、 $L(t)=10t+70t^2-0.02t^3$ を代入し、グラフで比較してみると以下のようになる。



マダラフクロウ保護規制リスクなしのモデルでは、 $t=40$ の時に最大値 $\pi_f=9775$ となるのに対し、保護規制リスクありのモデルでは、 $t=37$ の時に最大値 $\pi_f=7144$ となる。つまり保

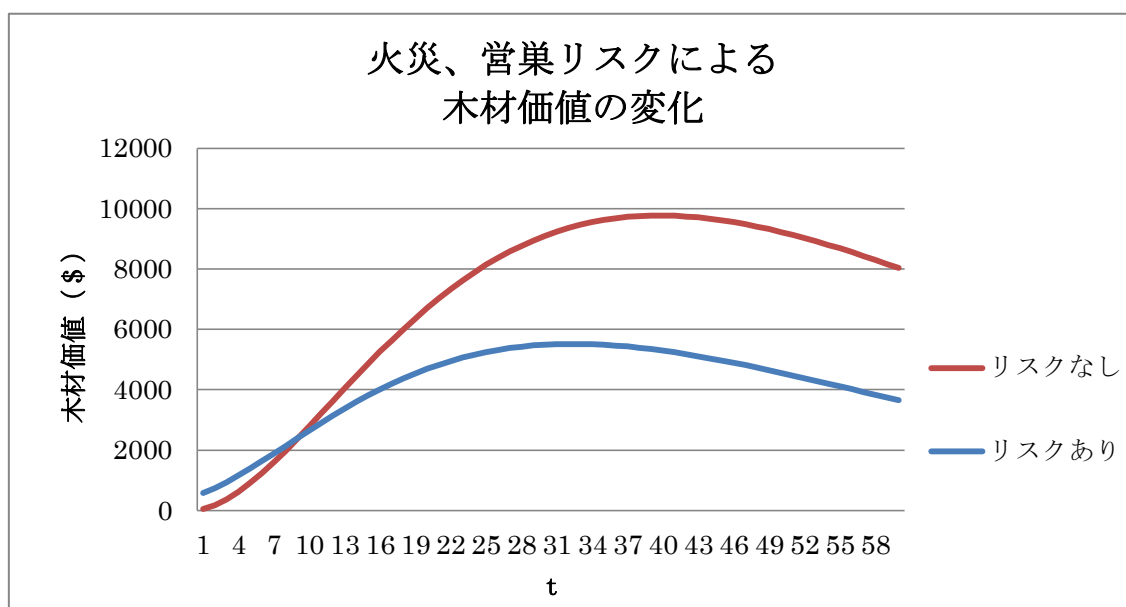
護規制リスクを考慮することで、林業者は3年早く伐採を行うのである。

4-3-4 火災リスク、営巣リスク直面モデル

4-3-2、4-3-3 で考えてきた2つのリスクを組み合わせた場合、林業者収入の期待値は以下のような式で表される。

$$\pi_f = e^{-\delta t} \cdot e^{-(1-r)t} \cdot (1-w)^{10} pL(t) + \sum_{i=t+1}^{t+10} (e^{-\delta i} \cdot e^{-(1-r)i} \cdot w(1-w)^9 pL(\alpha))$$

このモデルと4-3-1のモデルに $p=0.65$ 、 $r=0.99$ 、 $w=0.1$ 、 $\delta=0.05$ 、 $L(t)=10t + 70t^2 - 0.02t^3$ を代入し、グラフで比較すると以下のようなになる。



何もリスクを考慮しないモデルでは、 $t=40$ の時に最大値 $\pi_f=9775$ となるのに対し、このモデルでは、 $t=31$ の時に最大値 $\pi_f=4959$ となる。つまり森林火災とマダラフクロウ保護規制の両方のリスクを考慮した場合には、林業者は9年早く伐採を行うのである。

4-4 林業者収入拡大を目的とした対策の比較

これまで見てきたように、森林火災に加えマダラフクロウ保護政策の影響により、林業者は伐採期を短縮し、収入が減少してしまっている。この状況において、なんらかの方法

によりマダラフクロウ保護政策により減少してしまう収入分を埋め合わせることを考えてみる。方法としては、以下の2つが考えられるので、それぞれについて林業者の収入と伐採期の観点から効果を見ていく。

- ・伐採期とマダラフクロウの営巣が被った際には、木材に価格プレミアムをつけて売る。
- ・伐採期とマダラフクロウの営巣が被った際には、政府が補償金を出す。

4-4-0 施策基本モデル

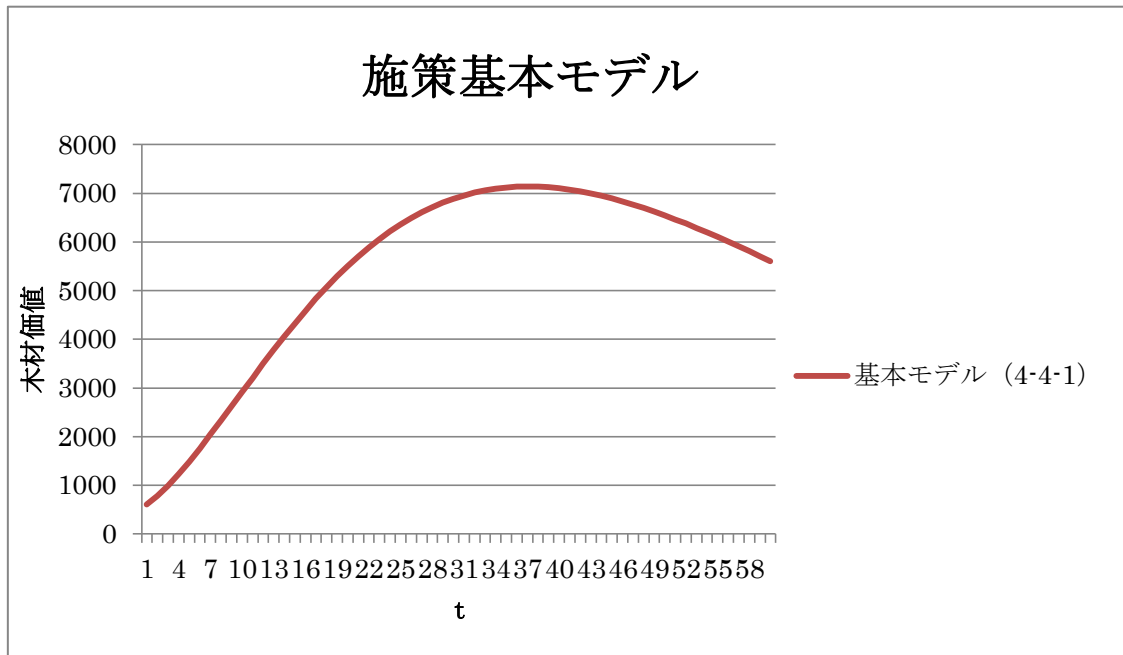
まずは施策を行う以前のモデルとして、政府は予算を全て森林火災対策に充てており、プレミアム価値も付けない場合を考える。

モデルは以下のものであり、4-3-3と同様である。

$$\begin{aligned}\pi_f &= e^{-\delta t} \cdot e^{-(1-r)t} \cdot (1-w)^{10} pL(t) \\ &+ \sum_{i=t+1}^{t+10} (e^{-\delta i} \cdot e^{-(1-r)i} \cdot w(1-w)^9 pL(\alpha))\end{aligned}$$

なお、予算と火災リスクについては全てを森林火災対策に充てるので、予算配分と森林火災リスクの値は以下の様になる。

$$\begin{aligned}b_r &= 3000 \\ b_w &= 0 \\ r &= 1 - 0.5e^{-\frac{b_r}{300}} \\ &= 0.9999773\end{aligned}$$



4-4-1 価格プレミアム付加モデル

マダラフクロウの営巣と被ることにより、伐採期が遅れてしまった場合に、木材に“マダラフクロウが暮らす木”ということでプレミアム価値を付けて売れることを考える。

なお、今回のモデルは価値プレミアムを付加しても売れる場合の林業者の最適行動を分析するものであるため、木材の需要の面は考慮しない。

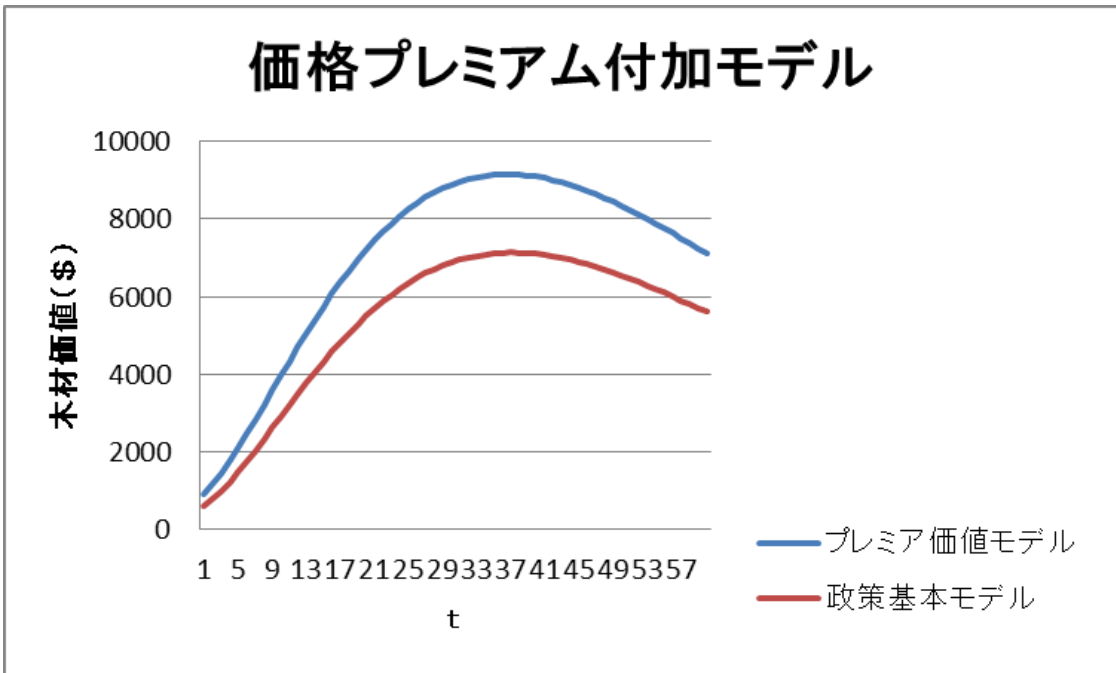
p_n : マダラフクロウの営巣と被らずに伐採が行えた場合の価格

p_p : マダラフクロウの営巣と被ってしまい、伐採が遅れた場合の価格

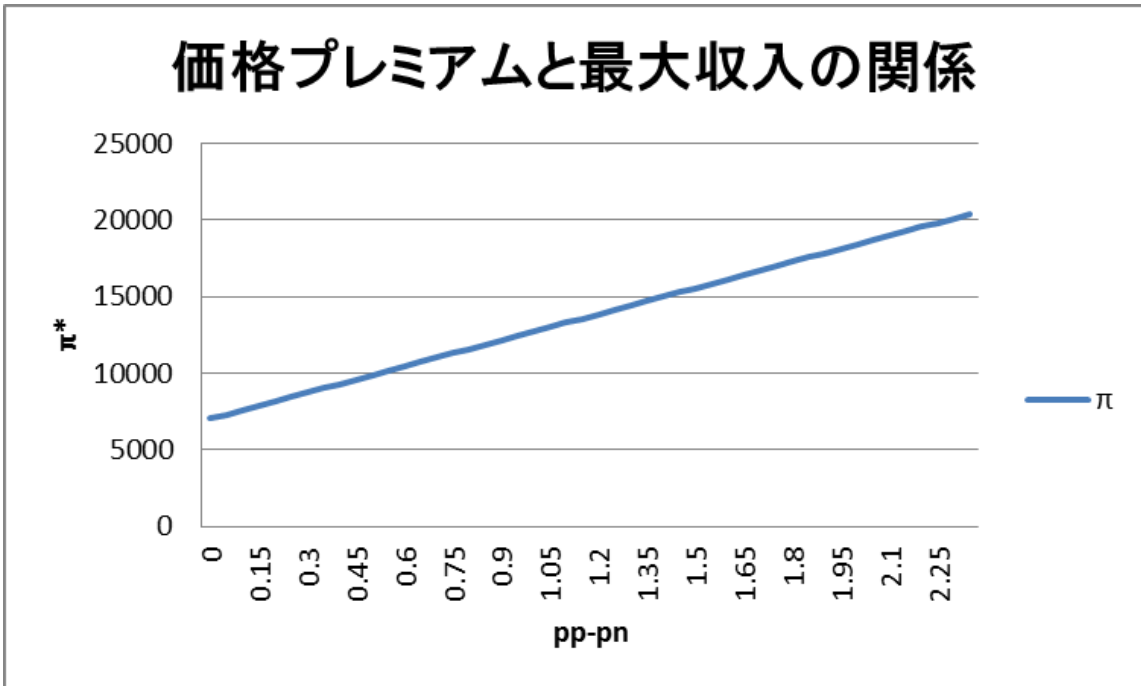
木材の価格をこのように考えると、モデルは以下の形になる。

$$\pi_f = e^{-\delta t} \cdot e^{-(1-r)t} \cdot (1-w)^{10} p_n L(t) + \sum_{\alpha=t+1}^{t+10} (e^{-\delta \alpha} \cdot e^{-(1-r)\alpha} \cdot w(1-w)^9 p_p L(\alpha))$$

価格プレミアムをつけた価格を1 ($p_p = 1$)とした時のモデルと、4-4-0の場合で林業者の期待収入を比較すると以下のグラフになる。



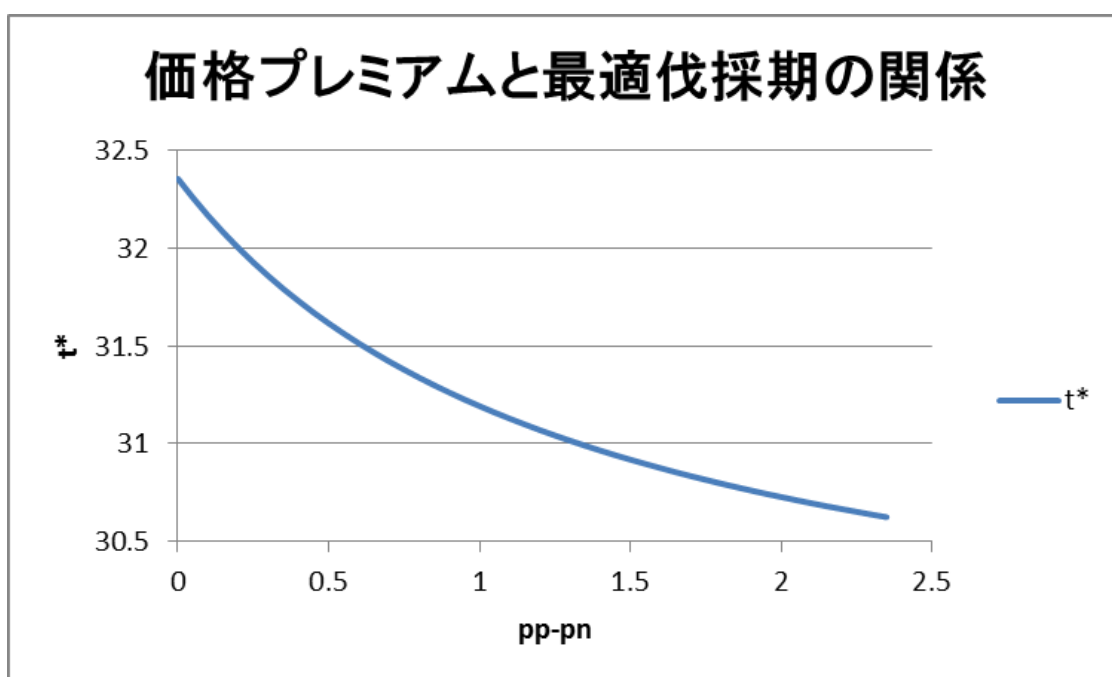
このグラフから、価格プレミアムを付けた場合、どの期に伐採を行ったとしても林業者の収入はあがるのが分かる。また収入と価格プレミアムの関係を見てみると、以下のグラフになり、価格プレミアムを付けるほどに収入は大きくなるのが分かる。



価格プレミアムをつけることで、林業者の収入を増加させられることは分かった。そこで、次に小径木化を止めることができるのかという観点から見てみたい。

以下のグラフは価格プレミアムと最適な伐採期の関係を示したグラフである。横軸が0の点が価格プレミアムをつけない元々の形であることに注目すると、価格プレミアムを付けることで林業者は伐採期を早めてしまうことが分かる。

つまり、価格プレミアムを付けることで林業者の収入を増加させることはできるが、さらなる伐採期の短縮化、小径木化を助長してしまうことになるのである。



4-4-2 補償金モデル

このモデルでは、伐採期とマダラフクロウの営巣が被った際に政府が林業者の収入について補助金を出すモデルを考える。

このモデルにおいて、補償金を出す政府について以下のように仮定する。

- ・現在行っているマダラフクロウ保護政策(営巣期間中に一定範囲内での伐採を規制する)は変更せず、林業者の収入最大化のみを意図して政策を行う。
- ・一定の予算を用いて政策を行い、決定した予算配分は変更しない。

仮定として政府は現在森林火災対策に 3000 ドルの予算を持っているものとする。補償金を出す場合には実際に補償金が払われるかに関わらず、確率から算定し補償金予算を確保する。また r (1年以内に森林火災が発生しない確率) は政府が森林火災対策に充てる予算によって変化するものとし、以下の関数に従う。

b_r : 火災対策予算

b_w : マダラフクロウ営巣による補償金

$$r = 1 - 0.1e^{-b_r/300}$$

$$b_r + b_w = 3000$$

以上の仮定から、このモデルにおいて林業者の期待収入は以下の式で表すことができる。

$$\pi_f = e^{-\delta t} \cdot e^{-(1-r)t} \cdot (1-w)^{10} pL(t)$$

$$+ \sum_{i=t+1}^{t+10} [e^{-\delta i} \cdot e^{-(1-r)i} \cdot w(1-w)^9 \{pL(\alpha) + b_w\}]$$

まず政府が予算の内、2000ドルを与える場合を考えてみる。

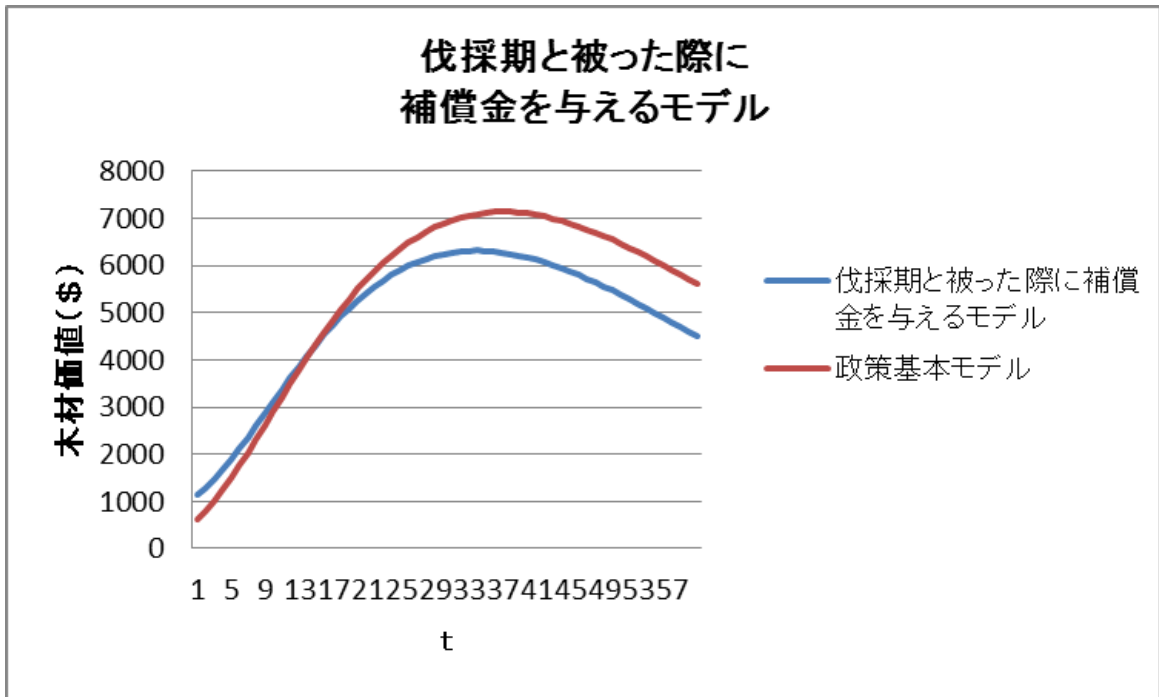
つまりパラメーターは以下のように定まる。

$$b_r = 1000$$

$$b_w = 2000$$

$$r = 1 - 0.1e^{-\frac{b_r}{300}}$$

$$= 0.996432601$$



この場合、期待木材価値を最大化するように伐採すると、補償金を与えるモデルの方が収入は減少してしまう。これは補償金に予算を充てたことで、森林火災予防予算が少なくなり、火災リスクが高まるからである。そこでエクセルのソルバーを使用し、最適な予算配分を求めてみると、以下の値になる。

$$b_r = 2286.433727$$

$$b_w = 713.5662732$$

この値は森林火災予算が火災リスクに与える影響の大きさにより変化すると考えられる。そこで、森林火災対策に予算を充てなかった際 ($b_r = 0$) の火災リスク ($r(b_r = 0)$) を動かし、それによる予算配分の変化を見てみる。

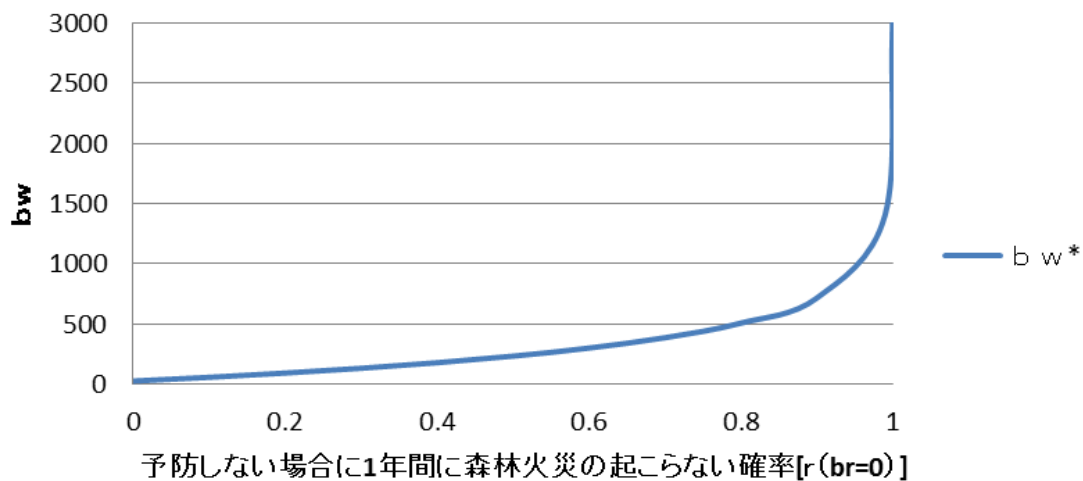
r と森林火災対策に予算を充てなかった際の火災リスクは以下のようなになる。

$$r = 1 - f \cdot e^{-\frac{b_r}{300}}$$

$$r(b_r = 0) = 1 - f$$

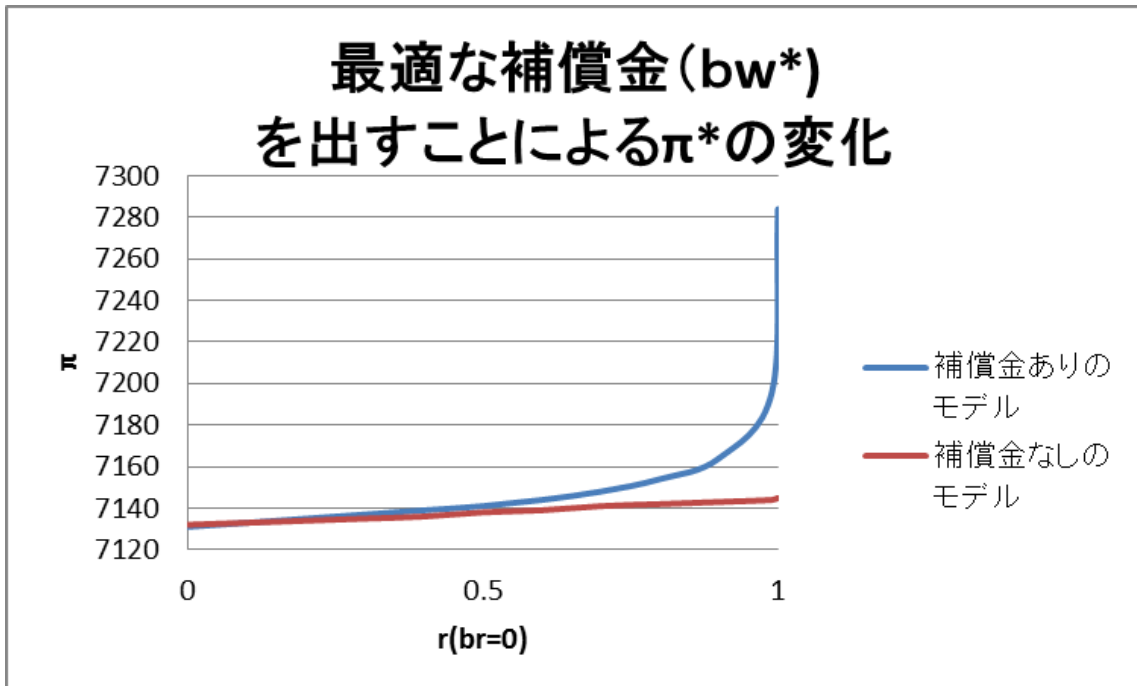
$r(b_r = 0)$ と、最適な予算配分の b_w (b_w^*) の関係は以下のグラフのようになる。

火災の発生確率と最適な補償金の関係



r （1年以内に森林火災が発生しない確率）が上がるにつれ、最適な補償金（ bw^* ）は高くなる。つまり火災対策に予算を充てなかった際の森林火災リスクが低いほど、マダラフクロウ保護政策の補償金に充てられる額が増加するということである。

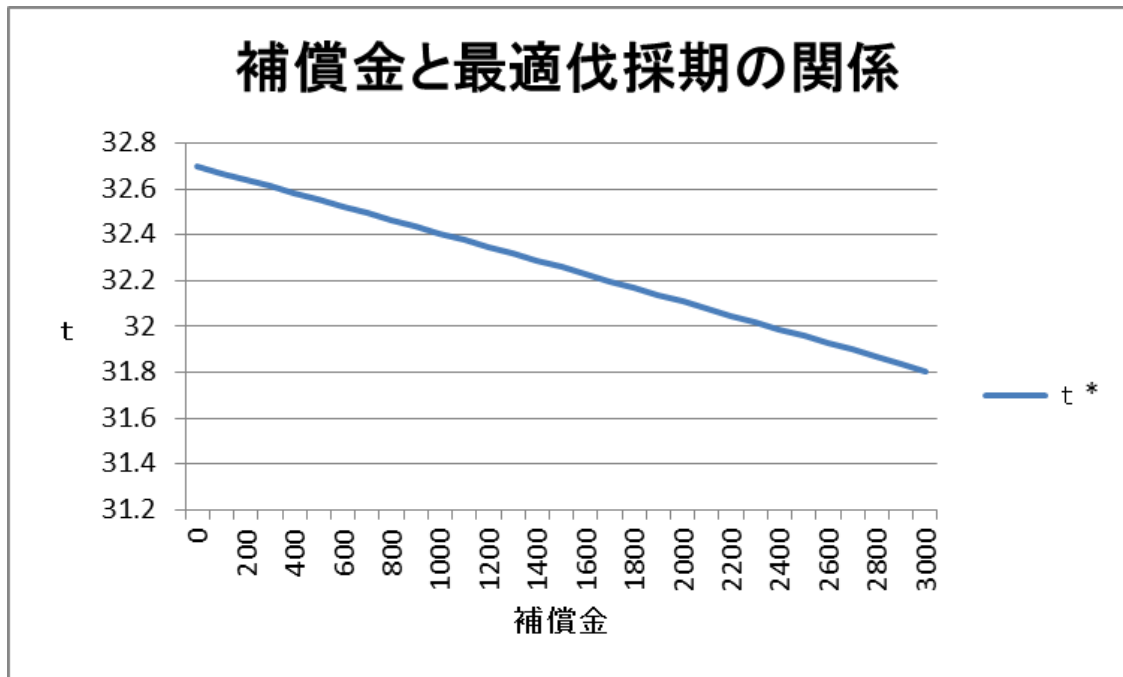
その場合の π^* の変化は以下のようになり、林業者収入も増加することが分かる。もともとの森林火災リスクが低い場合ほど、補償金に予算を回すことで、林業者の収入を増やすことができるということである。



もともとの森林火災リスクが低い場合には、森林火災対策に充てていた予算をマダラフクロウ保護政策により損害を受けた林業者に対する補償金にまわすことで、林業者の収入を増加させられることは分かった。

次にこの政策においても、小径木化を止めることができるのかという観点から見てみたい。

以下のグラフは補償金の額と最適な伐採期の関係を示したグラフである。ここでは、補償金による効果のみを見るために、予算制約を考えていない。つまり、森林火災リスクは補償金の額に関わらず一定としている。



このグラフから、マダラフクロウ保護政策により損害を受けた林業者に対し補償金を与えることは、プレミアム価値をつけることと同様に、林業者に伐採期を短縮するインセンティブとなることが分かる。

4-4-1、4-4-2 から、マダラフクロウ保護政策による林業者の損害を埋め合わせるという目的で行う政策には林業者の収入を増加させる効果はあるが、その一方でさらなる小径木化を導いてしまうことが分かった。つまり、林業者の収入を補う目的で行われるこの2つの施策には、意と反して林業を基の状態からさらに遠ざける逆の効果があるのである。

では、なぜこのような結果になってしまうのか。その理由を考えてみたい。

以下では、火災リスク直面モデル、営巣リスク直面モデルともに伐採期が短縮する理由を分析していく。

4-5 施策の効果についての分析

4-5-1 火災リスク直面モデル

4-4-2 より、火災リスク直面モデルの収入 π_f を伐採期 t で微分した式は以下のようになる。また、この式では下段のプレミアム価格 p_p は通常価格 p_n にプレミアム価値 v を付加したものであるため、 $p_p = p_n + v$ と置く。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_f}{\partial t} &= p_n \cdot (1-w)^{10} \cdot e^{-(1-r+\delta)t} \cdot \{-(1-r+\delta)L_{(t)} + L'_{(t)}\} \\ &+ \sum_{\alpha=t+1}^{t+10} (p_n + v) \cdot w \cdot (1-w)^9 \cdot e^{-(1-r+\delta)\alpha} \cdot \{-(1-r+\delta)L_{(\alpha)} + L'_{(\alpha)}\} \end{aligned}$$

これを、基本モデルを微分したものと比較する。基本モデル π を伐採期 t で微分した式は以下のようになる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_f}{\partial t} &= p \cdot (1-w)^{10} \cdot e^{-(1-r+\delta)t} \cdot \{-(1-r+\delta)L_{(t)} + L'_{(t)}\} \\ &+ \sum_{\alpha=t+1}^{t+10} p \cdot w \cdot (1-w)^9 \cdot e^{-(1-r+\delta)\alpha} \cdot \{-(1-r+\delta)L_{(\alpha)} + L'_{(\alpha)}\} \end{aligned}$$

この2式において共に通常価格であるため、 $p = p_n$ と定義される。

とある私有地を持つ林業者が全期を通して森林火災・マダラフクロウの営巣に合わなかった確率である上段は2式とも変化をしないので伐採期に影響を与えない。一方営巣が起った確率である下段は太字の部分の部分が伐採期の変化に影響を及ぼすことになる。

まず、下段の正負を決定する。基本モデルにおいて r 、 δ 、 α に実現可能な値を入れた場合の全てにおいて

$$\sum_{\alpha=t+1}^{t+10} \{-(1-r+\delta)L_{(\alpha)} + L'_{(\alpha)}\} < 0$$

$$(0 < r < 1, 0 < \delta < 1, \forall \alpha \in \mathbb{R})$$

が成り立つ。また、

$$\sum_{\alpha=t+1}^{t+10} p \cdot w \cdot (1-w)^9 \cdot e^{-(1-r+\delta)\alpha} > 0$$

$$(p > 0, 0 < w < 1, e^{-(1-r+\delta)\alpha} > 0)$$

であることから、下段は負の値であることが分かる。

また、このことから火災リスク対策モデルと基本モデルを比較すると、 $p > p_n + v$ より、火災リスク対策モデルのほうがより負の要素が大きいことが分かる。従って微分した式全体が負の要素が強くなるため、伐採期が短縮することになる。

4-5-2 営巣リスク直面モデル

4-4-3 より、営巣リスク直面モデルの収入 π_f を伐採期 t で微分した式は以下のようになる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_f}{\partial t} &= p \cdot (1-w)^{10} \cdot e^{-(1-r+\delta)t} \cdot \{-(1-r+\delta)L_{(t)} + L'_{(t)}\} \\ &+ \sum_{\alpha=t+1}^{t+10} p \cdot w \cdot (1-w)^9 \cdot e^{-(1-r+\delta)\alpha} \{-(1-r+\delta)L_{(\alpha)} + L'_{(\alpha)} \\ &\quad - (1-r+\delta) \cdot b_w\} \end{aligned}$$

この式においても、火災リスク直面モデルと同様に上段は変化しない。一方、下段では $-(1-r+\delta) \cdot b_w < 0$ が加わることで、基本モデルと比べて負の要素が強くなっている。従って、火災リスク直面モデルも同様に微分した式全体がマイナスの要素が強くなるため、伐採期が短縮されることになる。

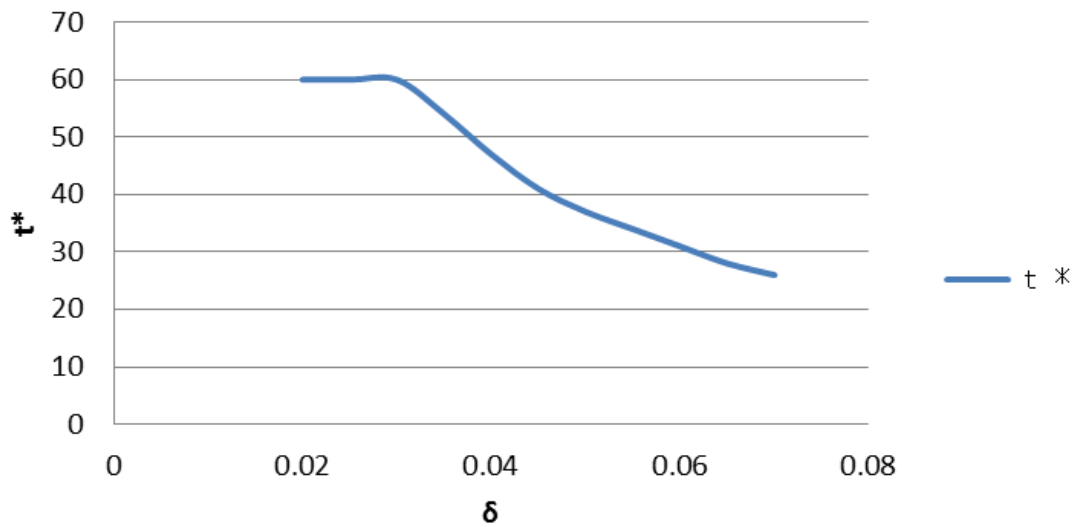
4-6 時間選好の変化についての分析

施策にどのような要素があれば、最適伐採期を延長することができるだろうか。ここでは最後に、これまでの分析では触れてこなかった割引率 (δ) について見てみる。

$$\begin{aligned} \pi_f &= e^{-\delta t} \cdot e^{-(1-r)t} \cdot (1-w)^{10} pL(t) \\ &+ \sum_{i=t+1}^{t+10} (e^{-\delta i} \cdot e^{-(1-r)i} \cdot w(1-w)^9 pL(i)) \end{aligned}$$

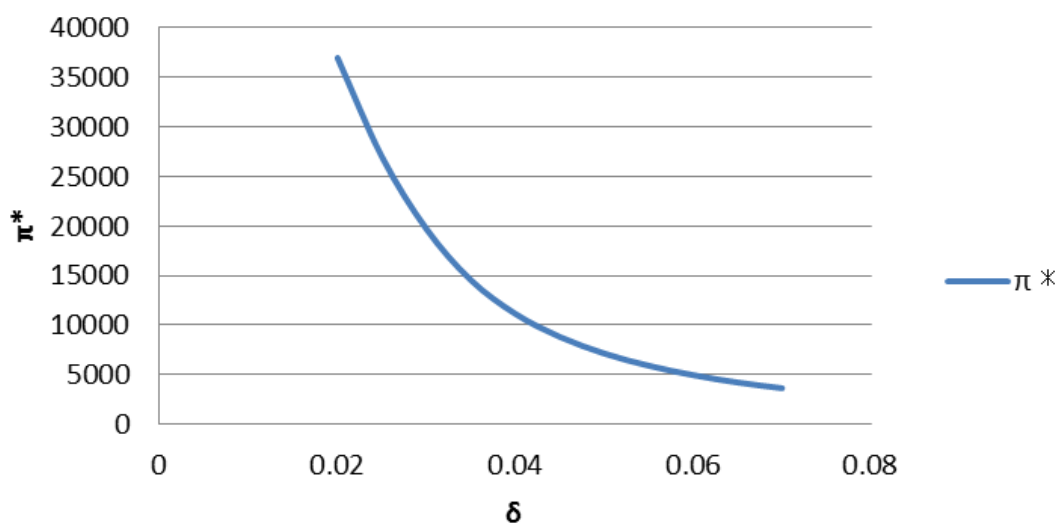
上の式は、4-3-4 の火災リスク、営巣リスク直面モデルであり、この式の中の δ を動かし、その際の林業者の最適な伐採についてみる。すると、割引率と最適伐採期の関係、割引率と最大収入の関係は以下のようなになる。

割引率(δ)と最適伐採期(t^*)の関係



このグラフから割引率と最適伐採期に関係を見てみると、割引率が下がることで最適伐採期は延びることが分かる。またグラフの形を見ると、60年で最適伐採期の伸びが止まっている。この理由は、このモデルでは木材の成長自体が止まるものであると設定しているからである。

割引率(δ)と最大収入(π^*)の関係



次に、割引率と最大収入の関係を見てみる。すると、割引率が下がることにより、最大収入は増加することが分かる。また最適伐採期は 60 で止まるのに対し、最大収入は上がり続ける。これは、割引率が減少するだけ、将来の収入の現在価値は増加していくからである。

このことから、割引率が減少することには、伐採期を延長し、林業者の収入の現在価値を上げる効果があると言える。そこで、割引率が減少することは何の変化を指すのかを考えてみる。ここでの割引率とは、林業者の時間選好の度合いを示すものであり、値が大きいほど、現在の収入に対して将来の収入の価値を小さく評価することになる。つまり、割美技率が下がるという状況は、林業者が将来の収入と現在の収入を同等に近いものと評価するようになることを指しており、これは利子率が下がることなどにより起こりえる。

しかしここで注意しておきたいことは、割引率が減少することは林業者の収入の現在価値を増加させるが、収入自体を増加させる訳ではないことである。このモデルが示しているのは、林業者が将来の収入を重視するようになることは、伐採期を延長する効果があるということなのである。

5 結論

私たちはオレゴン州における林業の伐採期の短縮を問題とし、その原因を森林火災のリスクとマダラフクロウの営巣による伐採延期のリスクとして分析を行ってきた。まず林業者の収入関数を単純な形で表し、そこに二つのリスクを確率として加えることで期待収入を算出し、それを最大化するような伐採期が従来に比べて短くなることを確かめた。そこで私たちは木材が十分に成長するまで待つて伐採を行うことが、長期的には林業者の利益を増加させるのではないかとこの予想の下、伐採期の長期化を意図した二つの施策のシミュレーションを行った。マダラフクロウの営巣による伐採の延期を経た木材に市場で「マダラフクロウの生態系価値に寄与した木材」としての価格プレミアムがつくと仮定した場合と、同じくマダラフクロウの営巣によって伐採が延期された場合に州政府が補償金を出す場合である。ともに伐採が延期されることによる損失を補填する要素を含むモデルであるため、林業者は多少のリスクを冒しても伐採期を伸ばすのではないかとこの予想であったが、双方のモデルで伐採期はさらに短縮するという結果が得られた。これについて詳細に見るため、モデルを伐採期 t について微分した結果、一般に伐採の延期による損失を埋め合わせるような政策は、林業者がリスクを負うことを可能にすると考えられるが、今回の場合には二つの施策に伐採期を長期化する効果はないことがわかった。しかしながら、割引率が変化した場合、すなわち林業者の時間選好が変化し一刻も早く収入を得る必要がなくなった場合には伐採期は長期化することも確かめられた。

6 参考文献

- 畠山武道(2006) 「生物多様性保全と環境政策」 北海道大学出版会
- 坂口洋一(2005) 「生物多様性の保全と復元」 上智大学出版
- 鈴木光(2007) 「アメリカの国有地法と環境保全」 北海道大学出版会
- 大塚生美(2010) 「環境時代のオレゴン州林業」 日本林業調査会
- 大田伊久雄 (2006) 「森林環境 2006—マダラフクロウ問題を契機に二極分化する森林管理」
朝日新聞社
- 大田伊久雄(2000) 「アメリカ国有林管理の史的展開」 京都大学学術出版会
- 飯泉茂(1991) 「ファイアーエコロジー 火の生態学」 東海大学出版会
- 時政勲(2001) 「環境・資源経済学」 中央経済社
- バードライフインターナショナル(2009) 「世界鳥類大図鑑」 ネコ・パブリッシング
- 山階 芳麿(1985) 「世界鳥類和名図鑑」 大学書林
- 吉井正(2005) 「世界鳥名図鑑」 三省堂
- 小池正雄(1991) 「アメリカ合衆国における林業生産と環境問題」 信州大学農学部演習林報告

IUCNレッドリスト

<http://www.iucnredlist.org/> (2012.11.19 アクセス)

Oregon department of forestry

<http://cms.oregon.gov/ODF/pages/index.aspx> (2012.11.19 アクセス)