岡山大学環境理工学部研究報告
第22巻，第1号，pp. 65-71，2017年3月

タイのアスパラガス産地における圃場の選好条件

守田秀則* 弘中奨也** 松本雄樹***

Geospatial Preference for Asparagus Fields in Thailand

Hidenori MORITA*, Shoya HIRONAKA** and Yuki MATSUMOTO***

A questionnaire survey by interview to the farmhouse in Nakhon Pathom Province in Thailand had been carried out, where the asparagus farming as the cash crop have spread rapidly. Valid response from 24 farmers were obtained and Asparagus had been planted in 30 plots within 74 plots (40.5%). As the result of statistical analysis on the geospatial preference for asparagus fields by logit model in which the geospatial characteristics of plots such as elevation, slope, curvature, acreage and distance from farmhouse were adapted as the explanatory variables while the category of the cultivated crops in there was adapted as the independent variable, it became clear that as for the asparagus plots, small lots were more preferred. On the other hand, the geospatial preference for asparagus plots such as elevation, slope, curvature and distance from farmhouse did not became clear.

Key words: *Land use, GIS, Thailand, Asparagus, logit model*

1　緒言

近年，東南アジアの多くの地域において，伝統的作物から輸出を前提とした商品作物への転換が盛んに行われるようになってきている。このような主要作物の急激な変化は，肥培管理の変化に伴う土壌や地下水等の環境への影響，あるいは貧富の格差拡大や流通経路の変革等による地域社会への影響等を招くことが懸念される。商品作物導入に伴う影響を検討するためには，そもそも，商品作物により，どの程度の面積が転作され，転作畑が空間的にどのように分布すると見込まれるのかといた点を踏まえて検討する必要があるが，そのような視点からの研究の蓄積は十分とはいえない。

商品作物としてのアスパラガス栽培においては肥料の多投入による土壌や地下水の汚染が懸念されるが，Patcharaporn Phupaibul et al.(2004))は，タイ国ナコーンパトム県の Nong Ngu Lueam 町を対象とし，製品の 60%が日本に輸出されていることを紹介した上で，アスパラガス栽培のための肥料使用による土壌および地下水へのリンおよび硝酸態窒素の高濃度の蓄積を指摘している。Jaturong Wongsanit et al.(2015)においてもタイの農業地域の中でのナコーンパトム県における地下水の硝酸態窒素濃度の高さが言及されている。

本研究では，このように，商品作物としてのアスパラガス栽培に伴う土壌や地下水の汚染が進行していると考えられるタイ国中西部ナコーンパトム県のアスパラガス産地を研究対象地域とし，アスパラガス導入に伴う作付け変化の現状把握とアスパラガス圃場として選好される農地の地理空間的特性を計量的に明らかとすることを試みた。

2　研究方法

研究対象地域においては，農家が複数の農地を所有し，しかもそれらが空間的に離散している分散錯圃が一般的である。農家は自己の農地に対して効用が最大となる作付けの組み合わせを選択するはずであるとすれば，アスパラガスを作付けした方がより効用が高いと考えられる農地を優先的にアスパラガスに転換することで，効用の最大化を図っているものと考えられる。かかる農地の適性に関する判断は，農地の地形や通作距離といった地理空間的属性を考慮して行われると考えられる。このような個々の農家

* 岡山大学大学院環境生命科学研究科
** 倉敷市役所
*** 復建調査設計株式会社

の意思決定行動は，効用最大化理論に基づく非集計行動モデルである多項ロジットモデルで表す事ができる（例えば黒川ら 1995）。多項ロジットモデルは以下の式で表される。選択肢が二肢の場合は二項ロジットモデルと呼ばれる。

$$P_{ik} = \frac{\exp V_{ik}}{1 + \sum_i \exp V_{ik}} \qquad V_{ik} = \sum_j \beta_{ij} \cdot X_{jk} + C_i$$

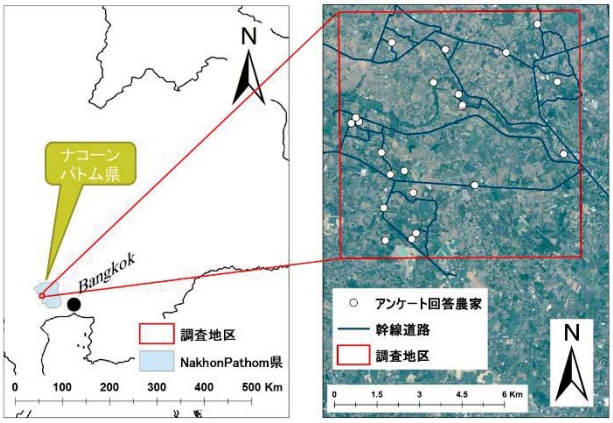
P_{ik}；圃場 k で作物 i が栽培される確率
X_{jk}；圃場 k の j 番目の地理空間的属性（説明変数）
β_{ij}；作物 i と説明変数 j に関わる回帰係数
C_i；作物 i に関する定数項（切片）
i；作物を指示する添字
j；説明変数を指示する添字
k；圃場を指示する添字

本研究では，2014 年 3 月および 2015 年 3 月に，ナコーンパトム県のアスパラガス農家を対象に，対面聞き取り形式のアンケート調査を実施し，農地の位置および作付けの変化とその理由や関連情報等を収集した。アンケート回答農家の全農地を対象（サンプル）とし，回答農家の各農地区画における作付けを従属変数，当該農地における栽培作物選択の意思決定に影響を及ぼすと考えられる属地的諸指標を説明変数とした回帰モデル（多項／二項ロジットモデル）を適用し，アスパラガス圃場として選好される区画の地理空間的属性に関する分析を行う。

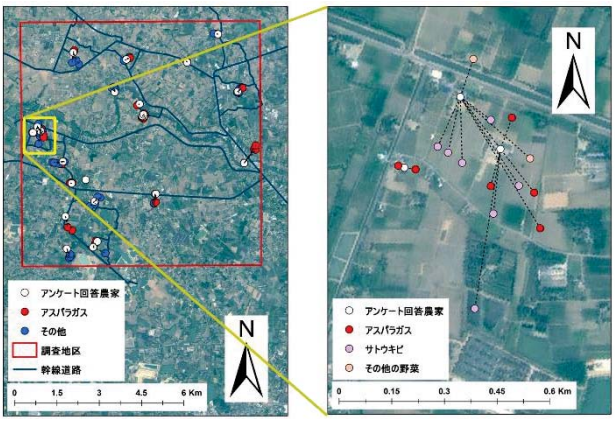
アンケートで得られたデータによりロジットモデルのキャリブレーションを行うことができれば，回帰係数の符号および有意確率から，アスパラガスを含む各作物用地として選好される土地の地理空間的特徴を把握することができる。また，キャリブレーションされたモデルを地域全域に適用することにより，アスパラガスへの転換確率マップを作成することができ，空間的・視覚的な示唆を得ることができる。

３．結果と考察

図－１に対象地域の位置およびアンケート調査の回答農家の位置を示す。対象地域のナコーンパトム県は，首都バンコクから西へ 80km 程度に位置する。今回の調査地域は，アスパラガス栽培の特に盛んな**図－１**右の約 10km 四方の範囲（Tambon Ban Yang(バーンヤーン町)の一部および Tambon Nong Ngu Lueam(ノーングールアム町)の一部）と



図－１　対象地域とアンケート回答農家の位置
Fig.1　Location of study area and interviewed farmhouses



図－２　アンケート回答農家と農地の分布
Fig.2　Spatial distribution of interviewed farmhouse and their farmland

した。対象地域はほぼ平坦な地形で，小区画での畑作が中心であり，水田はほとんど存在しない。元々は主としてサトウキビが栽培されていた地域であるが，近年は，より土地生産性の高い，野菜への転作が進んでいる。中でもアスパラガスへの転作が顕著である。

アンケートの有効回答農家は 24 戸であった。**図－１**右にアンケート回答農家の位置を示す。アスパラガス農家は比較的裕福な農家が多く，自家用車を所有していたり，子息を大学や大学院まで進学させている農家も珍しくない。

図－２左にアンケートを行った農家と農地の分布を示す。白丸が回答農家，赤丸が回答農家のアスパラガス農地，青丸がその他の農地を表す。右に一部を拡大した図を示す。このように，一つの農家が複数の農地で耕作しているのが一般的である。

写真―１および**写真―２**にアスパラガス圃場の風景を示す。写真の通り，スプリンクラー灌漑が一般的である。

写真－１　アスパラガス圃場（その１）
Photo 1　Asparagus field (1)

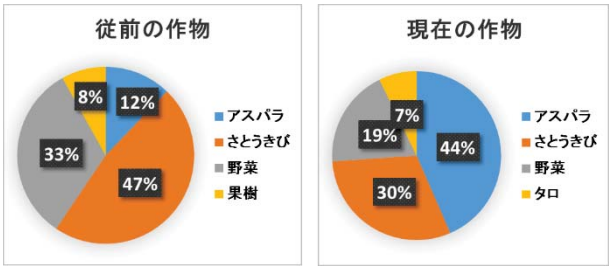
写真－２　アスパラガス圃場（その２）
Photo 2　Asparagus field (2)

表－1　区画レベルでの栽培作物の変化
Table 1　Changes of the cultivation crops at plots

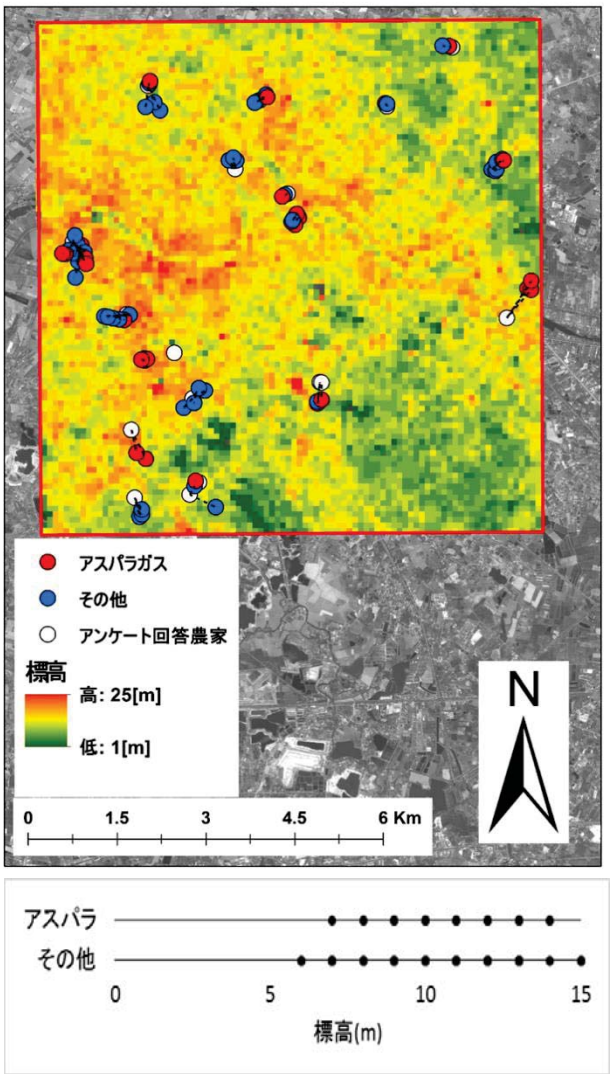
		現在の作物								
		不明	アスパラ	さとうきび	野菜	果樹	タロ	家	その他	計
従前の作物	不明		1		1				2	4
	アスパラ		3	1	3			1	1	9
	さとうきび		12	15	3		4		1	35
	野菜		10	5	6		1	1	1	24
	果樹		4					1	1	6
	タロ									0
	家							21		21
	その他									0
	計	0	30	21	13	0	5	24	6	99

注：その他の内訳：道路1，未利用地3，飼育小屋1，池1

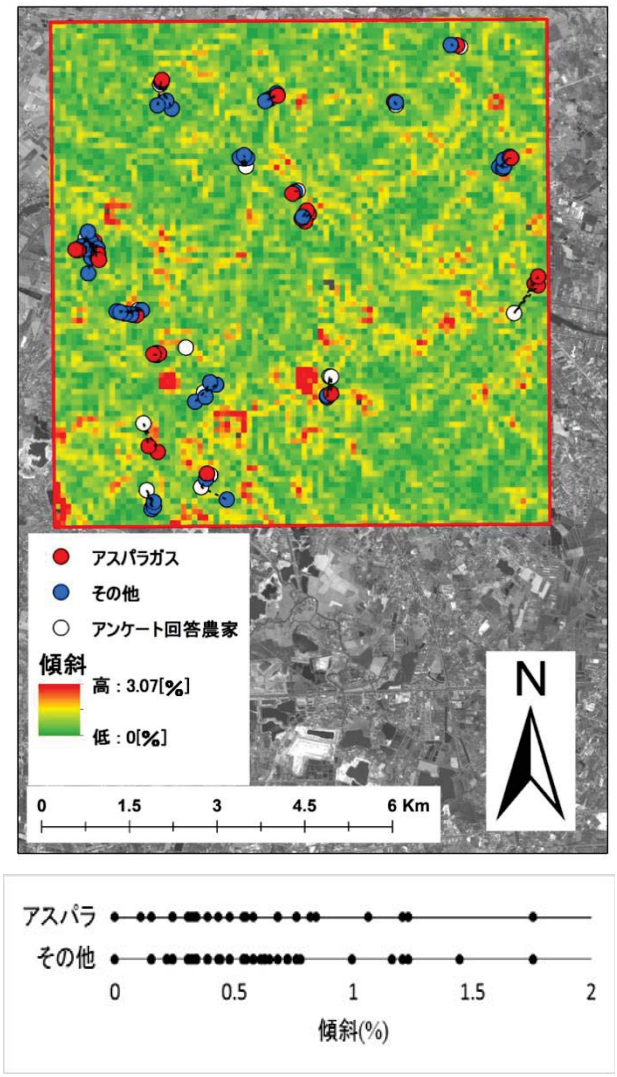
表－１および**図－３**にアンケート回答農家の圃場における従前と現在の作物を示す。宅地も含め 99 区画の回答が得られた。回答のあった圃場区画数（従前の土地利用が宅地および不明の 25 区画を除く）74 の内，回答農家による耕作開始以降の作付けに変化のあった区画は 50 区画(67.6%)であった。**表－１**の通り，従来はさとうきびが主な作物であったが，現在はアスパラガスが増えている。特に，サトウキビ，野菜，果樹からアスパラガスへの転作が目立つ。一方で，アスパラガスから他の作物への転作も確認されるが，これは，地力回復のために一時的に転作したものも含まれており，今後，より厳密なデータの整理が必要である。**図－３**に示す通り，サトウキビと野菜が主であった作付けから，現在では，アスパラガスが一位，サトウ



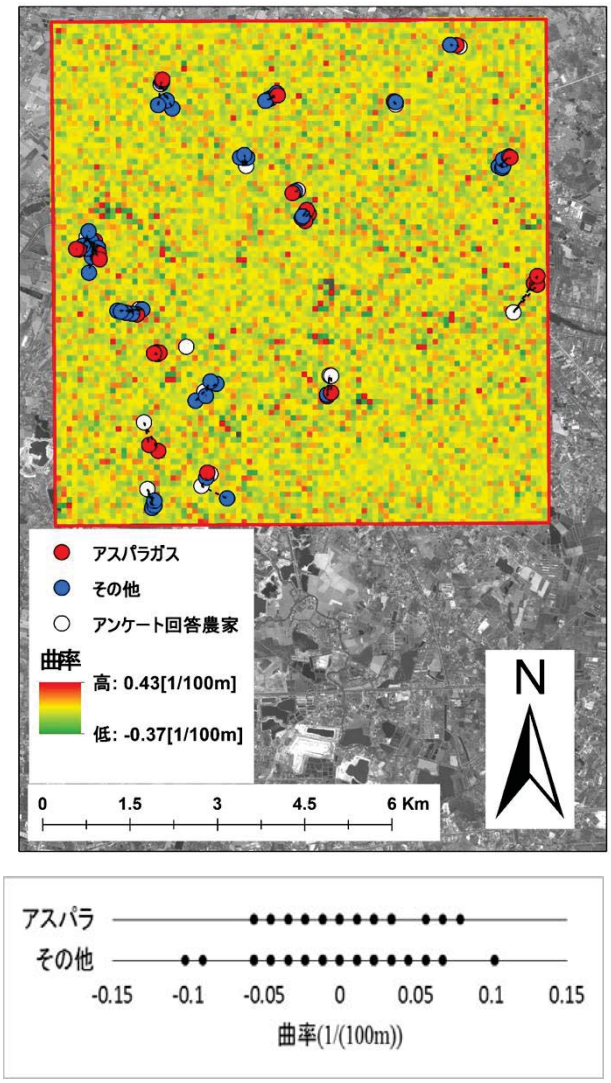
図－３　区画レベルでの栽培作物の変化(区画数の割合)
Fig. 3　Changes of the cultivated crops by plots



図－4　アスパラガス圃場としての標高の選好性
Fig.4　Preference for asparagus fields with elevation



図－５　アスパラガス圃場としての傾斜の選好性
Fig.5　Preference for asparagus fields with slope



図－６　アスパラガス圃場としての曲率の選好性
Fig.6　Preference for asparagus fields with curvature

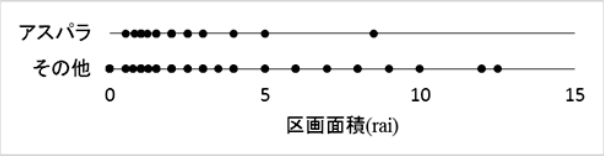
キビが二位となっている。

圃場の地理空間的属性の幾つかとアスパラガスへの転作の選好性の関係を見たのが**図－４**～**図－８**である（図中の丸印が個々の圃場を示す）。

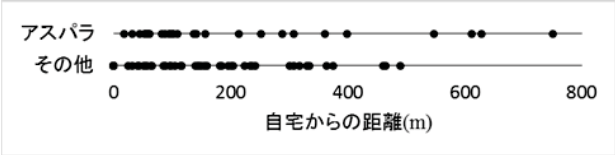
図－４は圃場の標高と栽培作物の選好性との関係を見たものであり，上方の地図は標高を背景にアンケート回答農地を栽培作物がアスパラガスであったか否かの区分と共に示したものである。標高のデータとしては SRTM3 を用いた。一方，下方の散布図は横軸にアンケート回答農地の標高を，縦軸に当該農地での栽培作物がアスパラガスであるか否かをとったものである。農地数の 74 に比してプロット数が少ないが，これは SRTM3 が 1m 刻みの標高データであるため，同一標高のプロットが重なってしまっているためである。現地での聞き取りから，アスパラガスは冠水しやすい低地には不向きとのことであったが，**図－４**からは，標高とアスパラガス圃場の選好性に間に明確な関係は確認できない。

図－５は，同じく圃場の地形要因として地表面の傾斜とアスパラガス圃場としての選好性の関係をみたものである。傾斜は SRTM3 の標高から演算により求めた。マップに示す通り，地域全域で最大の傾斜が３％と平坦な地形である。散布図の通り，傾斜に関してもアスパラガス圃場としての選好性との間に明確な関係は確認できなかった。

図－６も同じく圃場の地形的指標である地表面の曲率との関係を見たものである。曲率が正側に大きいほど（**図－６**の横軸で右に行くほど），上に凸の地形であり，負側に大きいほど凹地形であることを表す。平地ではゼロとなる。曲率も傾斜同様 SRTM3 の標高データから演算で求めた。やはりアスパラガス圃場としての選好性との間に明確な傾向は確認できないものの，凹凸の大きな地形では栽培されていないことが読み取れる。一方で，アスパラガスが水はけの悪い土地を嫌う事，また，聞き取りにおいても浸水のリスクの低い土地を選定しているとの回答が多かったことから，上に凸の農地，すなわち曲率が正の農地が



図－７　アスパラガス圃場としての区画面積の選好性
Fig.7　Preference for asparagus fields with acreage



図－８　アスパラガス圃場としての通作距離の選好性
Fig.8　Preference for asparagus fields with distance from house

選好されることが見込まれたが，その傾向も明確には見られなかった。

図－７は区画面積とアスパラガス圃場としての選好性の関係を見たものである（地域内全農地に亘る区画面積は把握できないためマップは描けない）。区画面積は農家への聞き取り調査により把握した。アスパラガスは労働集約的な作物であるため，サトウキビ等と異なり小区画での栽培に適すると考えられるが，その傾向が出ている事が確認される。なお，単位の rai(ライ)はタイで慣習的に用いられている土地面積単位であり，40m 四方が 1rai である。

図－８は通作距離とアスパラガス圃場としての選好性との関係を見たものである。通作距離としては自宅と農地との地図上での直線距離を用いた。これも地域内全農地に亘る通作距離は把握できないためマップは描けない。アスパラガス栽培には多くの手間がかかるため，頻繁に圃場へ通う必要がある。その観点から通作距離の短い圃場が選好されると考えられる。聞き取り調査においても，家に近い（通作距離の短い）農地を優先的にアスパラガスに割り当てている旨の回答が複数あった。しかしながら，**図－８**からは，通作距離とアスパラガス圃場としての選好性との間に明確な関係性は確認できない。見方を変えれば，今回のデータで得られた圃場は**図－８**の横軸の通り，全てが通作距離 800m 以内であり，この距離圏内であれば，アスパラガス圃場として転作されてきたという事実が確認できたといえる。このことはすなわち、通作距離 800m 以内であればアスパラガス圃場としての許容範囲内であると考えられることが確認されたともいえる。

図－４～**図－８**に示した５変数を説明変数，現在の作物を従属変数（アスパラガス，サトウキビ，野菜，タロイモの４類型）とした多項ロジットモデルのキャリブレーション結果を**表－２**に示す。サトウキビをコントロールとして

表－２　多項ロジットモデルのキャリブレーション結果
Table 2　Calibration results of multinominal logit model

X	作物	β	Pr(>|t|)
切片	アスパラ	3.227	0.329
	野菜	1.281	0.730
	タロ	10.929	0.057
	さとうきび	0	–
区画面積［rai］	アスパラ	−0.889	0.001
	野菜	−0.632	0.025
	タロ	−3.260	0.018
	さとうきび	0	–
通作距離［m］	アスパラ	0.001	0.843
	野菜	0.001	0.722
	タロ	−0.005	0.312
	さとうきび	0	–
曲率 1/100m	アスパラ	1.759	0.897
	野菜	−9.545	0.560
	タロ	−5.689	0.817
	さとうきび	0	–
傾斜［%］	アスパラ	0.559	0.611
	野菜	1.845	0.123
	タロ	0.352	0.877
	さとうきび	0	–
標高［m］	アスパラ	−0.048	0.855
	野菜	−0.082	0.777
	タロ	−0.570	0.192
	さとうきび	0	–

McFadden R^2=0.289　　n=69

いる(ロジットモデルは分数式であるため，回帰係数の最尤推定値を求めるためには，いずれかの選択肢に関する回帰係数を予め全て０に設定しておく必要がある。本研究ではサトウキビに関する全ての回帰係数を 0 としている)。モデルの適合度指標である McFadden R^2は0.29 であった。なじみの薄い指標であるが、0.2～0.4 で良好な適合度を示すとされる（例えば Neil Wrigley(1985)）。これはすなわち，栽培作物を，アスパラガス，野菜，タロイモ，サトウキビの４択とすれば，どの農地で，どの作物が選択されるかについては，ここで用いた説明変数，すなわち区画面積，通作距離，曲率，傾斜，標高から，比較的良好な精度で推計可能であると見込まれることを意味する。

一方で，回帰係数の有意確率に着目すると，有意確率の低い回帰係数は少なく，有意確率５％を下回るのは，区画面積だけであった。全ての作物に関して負の係数をとっていることから，コントロールとしての位置づけであるサトウキビと比べて、サトウキビ以外の作物には小さい区画が選好される傾向にあることが示唆される。特にタロイモで顕著である。有意水準 20%まで考察範囲を広げると，傾斜の大きい土地で野菜が選好される傾向にあること，および標高の低い土地でタロイモが選好される傾向にあることが読み取れる。

表－３　二項ロジットモデルのキャリブレーション結果（その1）
Table 3　Calibration results of binominal logit model (1)

説明変数	β	Pr(>|t|)
切片	−2.218	0.403
区画面積[rai]	−0.394	0.029
通作距離[m]	0.003	0.238
曲率[1/(100m)]	−1.748	0.866
傾斜[%]	−0.497	0.549
標高[m]	0.226	0.312
さとうきび[ダミー]	0.024	0.972
果樹園[ダミー]	0.786	0.435

McFadden R^2=0.137　　n=67

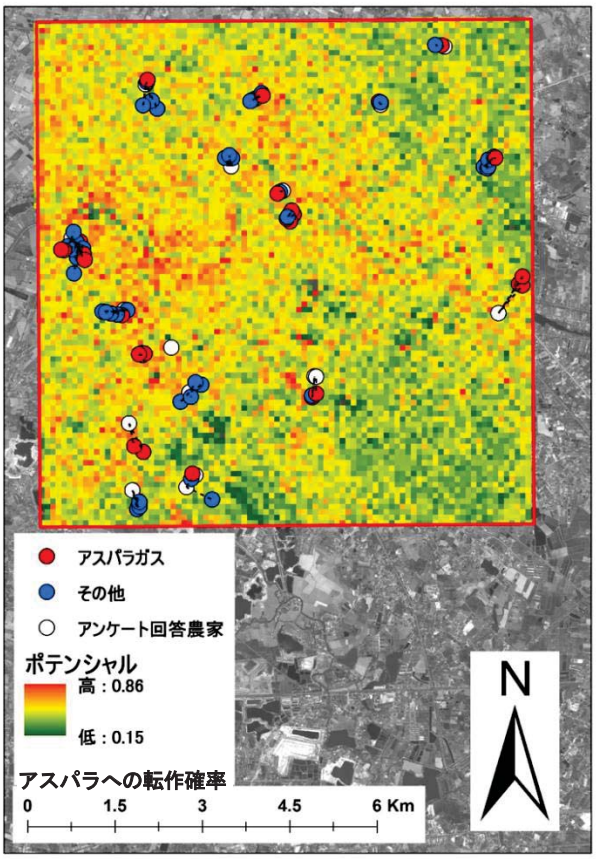
表－４　二項ロジットモデルによるキャリブレーション結果（その2）
Table 4　Calibration results of binominal logit model (2)

説明変数	β	Pr(>|t|)
切片	1.100	0.652
曲率[1/(100m)]	−0.091	0.630
傾斜[%]	0.422	0.562
標高[m]	4.139	0.633
道路からの距離[km]	−1.200	0.371
河川からの距離[km]	−0.314	0.263
集水面積[km^2]	0.101	0.997

McFadden R^2=0.027　　n=73

以上から，作物全般に関する圃場の選好性については幾らか明らかになったものの，アスパラガス圃場の選好性に絞って考えると，区画の小さい農地が選好さえることが明らかとなったのみであり，いまだ十分把握できたとはいえない。そこで，**表－２**の５変数に加え，従前がサトウキビ畑であった(1)か否(0)か（ダミー変数），従前が果樹園であった(1)か否(0)か（ダミー変数）の計７変数を説明変数，従属変数をアスパラガスに転作した(1)か否(0)かの二択とし，否をコントロールとした二項ロジットモデルによる回帰分析を行った。**表－３**に結果を示す。モデルの適合度は McFadden R^2値で 0.137 と今ひとつであった。すなわち，今回採用した７つの説明変数のみでは，アスパラガス圃場の選好性を高い精度で説明する事は難しいと解釈される。多項ロジットモデル同様，有意確率５％を下回っている説明変数は，区画面積だけであり，回帰係数が負であることから，区画面積の小さい圃場がアスパラガス圃場として選好される傾向にあることが示唆される。他の説明変数は有意水準を 20%まで広げても，有意となるものは無く，これらの指標とアスパラガス圃場の選好性との間には明確な関係性は確認できなかった。

最後にロジットモデルによる，対象地域全域に亘るアスパラガスへの転作確率の推計を試みた。**表－３**で用いた説明変数の内，区画面積，通作距離および従前の作物に関しては農家および農地個々の情報となるため，地域全域に亘り求めることは出来ない。代わりに，幹線道路からの距離，河川からの距離，および集水面積を説明変数とした二項ロジットモデルによるキャリブレーションを試みた。結果を**表—４**に示す。表の通り，全ての説明変数の有意確率が高く，適合度使用 McFadden R^2 も 0.027 と低かった。したがって，参考程度とはなるが，**表－４**-の回帰係数を採用した二項ロジットモデルにより求めた，地域全域のアスパラガスへの転作確率を**図－９**に示す。モデルの適合度が高くはなかったものの，現在のアスパラガス圃場の分布をある程度は近似できている。道路や河川の付近で高い転作確率となっているが，これは**表—４**に示す通り，道路からの距離および河川からの距離が負の回帰係数をとっていることから，有意確率は高いものの，道路や河川に近接した圃場で転作確率が高く推計されることによる。このことは，アスパラガス圃場が幹線道路に近接した圃場で多く見られた現地踏査での結果とも一致する。このように，ロジットモデルを用いる事により，**図－９**のような転作確率マップを作成することが可能となり，多くの示唆を得ることができるようになる。



図－９　対象地域におけるアスパラガスへの転作確率
Fig.9　Estimated probability to change to asparagus field

４　総括

農家へのアンケート調査および現地踏査により，研究対象地域であるナコーンパトム県の Tambon Ban Yang(バーンヤーン町)および Tambon Nong Ngu Lueam(ノーングールアム町)においては，サトウキビ，野菜，果樹からアスパラガスへの盛んな転作が行われてきたことが確認された。

作物別（アスパラガス，野菜，タロイモ，さとうきび）の圃場の地理空間的選好性に関しては，多項ロジットモデルによる分析により比較的良好な精度で推計可能であることが示された。その選好構造は，アスパラガスには区画の小さい農地が，野菜には区画が小さく傾斜の大きい農地が，タロイモには区画が小さく，標高の低い農地が選好されるというものであった。

一方で，アスパラガス圃場のその他の作物に対する選好性のみに着目してみると，区画面積以外に，明確な選好性は確認されず，課題を残す結果となった。理由として，以下の事が考えられた。

①対象地域の地形の特殊性：**図－４～図－６**にも示した通り，対象地域が高低差に乏しいほぼフラットな地形であったため，圃場の地形的差異が表れ難かったと考えられる。これに対しては，より詳細な標高データを採用する，地形的な多様性に富む他の地域でも分析する等の対処が考えられる。

②通作距離の差異の乏しさ：アンケート回答農家の農地は通作距離が比較的短い圃場が多く，通作距離と作物の選好性の差異も表れ難かったと考えられる。これに対しては，農家毎の農地分布と作物の関連を見る等の，より詳細なデータの見直しにより新たな知見が得られる可能性があると考えられる。

③サンプル圃場の多様性の乏しさ：①②の通り，地形条件や通作距離がより多様であるサンプルが得られることが望ましいと考えられるが，本研究においては比較的偏ってしまった。これに関しては，現地で多くの圃場を GPS 付きカメラで撮影しているので，これらの情報も加えた分析を行うことも検討する必要がある。

④土壌データの不在：聞き取り調査においては，アスパラガス圃場の選定理由として土壌の適性を挙げる農家が多かったが，本研究においては，詳細な土壌図等の入手が不可能であったため，土壌に関する情報を分析に用いなかった。土壌の情報を用いる事で精度が向上するものと思われる。

また，園田ほか(2013)にもある通り，対象地域ではアスパラガスの病気の被害も出てきており，病気の蔓延や，市場経済的理由によるアスパラガスの作付面積の縮小というシナリオもあり得るため，このようなシナリオへも対応できる方法についても検討しておく必要がある。

謝辞：本研究は，平成 24～27 年度大学機能強化戦略経費「低炭素社会と食の安全・安心を統合した環境生命学的研究」の成果の一部である。まずは，このような研究の機会を与えて下さった，研究代表者吉川賢岡山大学名誉教授にお礼を申し上げる。また，金科哲岡山大学教授には４年間に亘りチームリーダーとして調査チームを牽引して頂き，生方史数岡山大学准教授にはタイでの現地調査全般に亘る綿密なコーディネートにご尽力頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献

Jaturong Wongsanit et.al.(2015):Contamination of nitrate in groundwater and its potential human health: a case study of lower Mae Klong river basin, Thailand,Environ Sci Pollut Res **22**,pp.11504-11512

黒川洸編(1995):『非集計行動モデルの理論と実際』，丸善

Neil Wrigley(1985):Categorical data analysis for geographers and environmental scientists, Longman, pp.49-50

Patcharaporn Phupaibul et.al.(2004):phosphorus Accumulation in Soils and Nitrate Contamination in Underground Water under Export-Oriented Asparagus Farming in Nong Ngu Lauem Village, Nakhon Pathom Province, Thailand, Soil Sci. Plant Nutr.,**50(3)**,pp.385-393

園田ほか(2013)：世界のアスパラガス生産の現状と展望［15］，農業および園芸，第 88 巻第 3 号，pp. 341-349