

リモートセンシング技術による農耕地の適地選定

Adaptive land selection of farming zone using remote sensing technology

星 仰
Takashi Hoshi

1. はじめに

リモートセンシング技術の遠隔探査の対象は、銀河系、太陽惑星系、地球に大別することができる。われわれの生存する地球の調査は、衣食住といった一次産業に直接係ることからリモートセンシング技術の利活用が盛んになされてきた。その代表的な事例は、気象衛星観測であり、大気圏流体の解明と予測であり、日々の短期予測、週・月間予測、年間予測、数年の長期予測へと発展してきている。わが国の主穀物である水稲を例示しても、その生産高は気象条件に左右されることは既成の事実である。この問題を解決するには未だ時間のかかる長期的課題である。気象条件以外には、立地条件が生産高に影響を及ぼす。立地条件の要因としては、3次元位置情報である地球座標系の緯度、経度、標高とそこに存在する地表情報の土壌である。3次元位置情報は汎地球測位システム(GPS, GLONASS)の活用があり、地表の土壌や生育状況は軌道衛星によって観測できる。特に農作物の調査には高解像度が要求される種類もあることから近年運行している IKONOS、QuickBird 衛星の活用もなされてきている。この研究では、わが国のコピキタス社会にリモートセンシング技術をいかに有効に活用していくかということを念頭において、農耕地適地選定モデルについて述べる。

2. コピキタス社会におけるリモートセンシング技術

コピキタスコンピュータは本来、コンピュータの情報資源をどのコンピュータでも共有できる環境を構築し、情報通信することが念頭にあったが、インターネットの普及によってほぼ達成された。これに加え汎地球測位システムのデータ取得の公開によって、位置情報と関係付けることができるようになり、コピキタスの偏在すなわち「何所にでも」が有線によって可能となってきている。そこで、リモートセンシング技術によって抽出されたデータを、いかにこの通信網に生かすかがコピキタス社会に課せられた課題であるとも受け止められる。ここで農耕地適地選定問題を取り上げたとき、LUCC 問題からの耕地被覆率¹⁾、エネルギー問題からの自給率が基本条件として存在し、この条件下で、どこに、なにを生産させるかを解くモデルが必要になってくる。社会変動への対応が過去の経験の延長で対応できるケースとそうでないケースがあり、後者への対抗がますます重要視される。そこで、農耕地適地選定では、どこに、なにを生産すると生産高にいかにか効果をもたらすかということの問題とし、その事例として、衛星画像を用いた主題図作成により、農耕地の面積の分布調査をする。つぎに、作物集合(種類)Q、生育属性Xを土地属性と気象属性条件に区分して、これらに係るデータとリンクしながら、最適化問題として定式化することでコンピュータシミュレーション可能なモデル化をして、パレット解を算出する。ここでは、複作物の定式化を遺伝的アルゴリズム(GA)を用いてパレット解を求め、わが国の南北2地区の適用例を示す。

3. 複作物の農耕地適地選定の定式化

農耕地適地選定は、最適化問題を包含する線形の0-1計画問題として解くことができる²⁾。また、地域を広域的に捉えることでリモートセンシング技術の衛星画像データが活用できる。一般に、このリモートセンシング技術による広域農耕地適地選定モデルは、中国やブラジルのような広大な土地を有する諸国での山林・原野などの未開拓地を農地として開発するのに適しているが³⁾、NG問題から解法を得るには遺伝的アルゴリズム(GA)の適用が一つの打開策であった。そこで、最近わが国では水稲の転用が話題になっており、作物の配置換えや水稲の転用にも適用できるよう考慮することにする⁴⁾。

まず、この問題は作物生育および土地開発、転用の可否を規定する属性とその属性状態を定義し、属性値とその収量との関係を多状態信頼性理論の最小パスベクトルによって表現する。そして、対象地区の各属性のうち改善可能な属性を操作することで、総開発費を最小化、作物総収量を最大化する最適化問題を解く。

4. 遺伝的アルゴリズム(GA)

GAでは、選択・交叉・突然変異を数世代繰り返すことで集団を環境に適応させる。その要素を以下述べる。

所属：茨城大学(Ibaraki University), キーワード：複作物適地選定、遺伝的アルゴリズム、最適化問題、パレット解

a . 初期集団の生成： 個体は広い探索空間中の探索点を表現する。この個体を複数用意して協調や競争を行うことで、集団全体が探索空間中の最適解に接近しようと進化させる。探索空間の適性に対する予備知識を与えて適応度の高い個体群を生成する。

b . 個体の適応度評価： 探索空間中で細部の異なる複数の個体の中には、その環境によって適応度の異なるものがある。事前の評価関数によって個体の環境への適応度を評価する。

c . 選択： 各個体は、モデル環境への適応度を用いて、生存または死滅個体に分ける。必ずしも適応度が高いものだけ残るとは限らない。生存した個体の遺伝子を受け継いだ個体が増殖されていく。ここでは、広い範囲の探索を行うルーレット選択を採用することにする。

d . 交叉： 生存個体の集団は、増殖処理によって酷似した遺伝子を持つ。これが局所解に陥りやすくなる原因であるから、生存個体の中から交叉確率によって2個体を選び、染色体を組み換えて新しい個体を生成する。こうして探索点の多様性を維持する。

e . 突然変異： 適応度の高い個体を親とすると、探索空間中の探索点が一部に集中してしまう。この制限を解除するために、各個体の各遺伝子が指す塩基について、突然変異確率で他の塩基への入替えを行う。

f . 繰り返し： 選択・交叉・突然変異で生成された世代集団に対し、初期に戻って同様の処理を続ける。この処理は決められた条件を満たしたときに終了へ進む。

5 . 作物の種類とその生育条件

a . 水稻生育条件： 幼穂形成期から出穂期までの適正な温度環境は、昼間30~35、夜間25~30、水温25以上が望ましい。葉面積は幼穂分化から出穂までの間でピークを迎える。

b . 小麦生育条件： 寒冷地にも強く年間降水量400~1,000mmの地域でよく作られる。発芽の適温は25前後で、最高40、最低0~2である。開花の適温は18~20であるで葉面積は出穂期にピークを迎える。

c . 馬鈴薯生育条件： 萌芽は5で開始し芋の形成と肥大には15~20が適温で、29以上になると芋の肥大は停止する。また、馬鈴薯の葉面積は塊茎肥大時にピークを迎える。

d . 小豆生育条件： 地温が10以上で播種が可能となる。葉面積は開花後30日頃にピークを迎える。登熟期はやや冷涼で乾燥した気候が望ましい。また、小豆は着蕾から開花期の低温により減収する。

6 . 南北2分析地区のセルサイズ

北海道中央部、石狩平野東部に立地する岩見沢市があり空知支庁所在地である。東半分は夕張山地、西側は沖積平野からなり、道内有数の豪雪地帯で農業が中心産業である。1区画は100m×100mの面積100aの土地で、分析地区内には900(30×30)の区画が存在する。また、福岡県甘木市も岩見沢地区と同様の区画とした。

7 . GAの適用結果

GAのアルゴリズムは、分析地区を分割しパレット最適解を合成するという手法を用いることで、これまでより広い範囲の適地選定問題を解くことを可能にした。また、この研究はNP問題であるため、厳密解との差を計測して精度の評価はできないが、相対的な精度と処理速度はGAの改良で向上させることができ、甘木地区の水稻、小麦、馬鈴薯、小豆の4作物開発適地選定問題のパレット最適解は求められた (Fig.1 参照)。

8 . おわりに

この適地選定モデルを形成する過程を検証したところ、生産量が低いときには傾斜度の少ない区画から開発が始まり、生産量が上昇するにつれて徐々に地目・傾斜度に対する開発が進み、収量の増加が図られていることが明らかになった。そのため、改善前状態で笹生地・野草地としていた、もともと畑や水田だった区画が早くから開発され、実の分析地区の状態とほぼ同様になった。また、単位面積当りの収穫量に関しても、どの作物もその地区の統計量に近い値となり、モデルの完成度は高いと言える。

参考文献

- 1) 星 仰：“県別の土地利用/土地被覆の変動予測”，日本写真測量学会講演会論文集，M-2，pp.251~254，2002.
- 2) 稲垣，星，秋山，石田，永嶋，池辺：“衛星画像データに基づく広域的農業開発適地選定”，OR，Vol.31，1986.
- 3) 星，田中：“耕地転用を考慮した中国の広域的農業開発の適地選定モデル”，土木計画学研究No.15(1)，1992.
- 4) 星 仰：“リモートセンシング技術による農耕地の適地選定”，システム農学会一般要旨集，pp.11，2004.

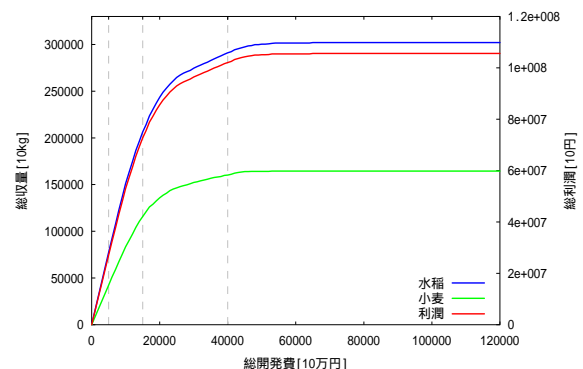


Fig.1 甘木市稲・麦・二毛作のパレット最適解