

GAを用いた広域的農業開発の適地選定

5Q-6

山本 真靖, 星 仰

茨城大学

1 はじめに

軌道衛星に搭載されているセンサーから抽出されるデータを再配列した画像データは、資源や環境の情報を取捨選択して農林分野に応用されている。

その一例が広域的農業開発適地選定である。以前の研究では、土地の評価手法や土地評価結果を対象地域の農業開発計画の具体的立案に結び付けるための研究が行われてきた。

稲垣・星ら [1] は、最小バスペクトルを利用し、これにより土地区画の評価を行っている。また、コストの面も考慮した適地選定を提案し、かつ、計算量を軽減させるための制約条件を2つ導入し、実際に58区画の適地選定問題(決定変数952)を解いている。

しかし、これらの制約条件により決定変数を低減させ、NP完全に近い計算を可能としても、このときに抜える開発地区は狭範囲に限られてしまう。仮に開発地区を広範囲に拡大した場合NP完全問題となり、実質的に計算不能の事態になってしまう。

そこで、このような最適化すべき問題が大規模でかつ、最適近似でも比較的良好な解をできるだけ短時間で求めることが可能な手法との融合が不可欠となろう。

この要求を満たす手法の一つに遺伝的アルゴリズム(GA)がある。そこで、我々は農業用地の適地選定という大規模なナップサック問題の最適組み合わせ問題に対しGAを組み合わせることを試みる。

2 農業開発モデル

農業開発における適地選定は、一般に土地生産性、労働生産性、農地保全性の3つの観点から土地を評価し、その結果を用いて農地としての適合度を判定する。しかし、ここでは、このうちの土地生産性だけに限定する。この土地生産性は稲垣・星らにより定式化されており、コヒレントであるという条件のもとで、信頼性理論における最小バスペクトルという概念を用いて表記できる。

土地被覆については、土地表面が土で覆われている地域(陸域)と水で覆われている地域(水域)では全く異なるので、この両者を分けて考えているが、本研究では

GAを用いるために次の土地属性を追加することが必要である。

(A0) 土地被覆 … 表面が土で覆われているか(属性値=1) 水で覆われているか(属性値=0)を表す。

バスペクトルは、(A0)を含めたものを用いるが、基本的には、稲垣・星らが作物学および農村計画学の立場から設定した最小バスペクトル $x = (x_1, \dots, x_8)$ とは変わらない。

3 定式化

水田への転用が不可能な市街地や国立公園などを除き、開発計画の対象地域はN個の区画からなるものとする。

区画番号*i*の農業開発前の土地属性(土性、有効土層厚などを $b_n(i) (0 \leq n \leq 8)$ ^{*}、農業開発後の土地属性を $b'_n(i) (n = 1, 2, 7, 8)$ ^{**})とし、最小バスペクトル x の収量を $f(x)$ で表せるとすると、水稻総収量 J は次式で与えられる。

$$J = \sum_i^N \omega_i f(b'(i))$$

また、ある区画*i*での一定面積当たりのコストを $c(b(i), b'(i))$ とすると、開発総コスト H は

$$H = \sum_i^N \omega_i c(b(i), b'(i))$$

となる。ここで、 ω_i は面積を表す。

4 GAでの評価関数

広域的農業開発適地選定の最も基本的ケースとして、水稻総収量 J の最大化と、開発総コスト H の最小化を同時にはかりたいとする場合である。すなわち、

$$\text{最大化 } J = \sum_i^N \omega_i f(b'(i))$$

$$\text{最小化 } H = \sum_i^N \omega_i c(b(i), b'(i))$$

しかし、この問題はパレート最適問題であるので、最大コスト C_{max} を与えその範囲内で水稻総収量 J の最大化をはかることとする。すなわち、

$$\text{最大化 } J = \sum_i^N \omega_i f(b'(i))$$

Extracting optimal agricultural development area using Genetic Algorithm

Naoyasu Yamamoto, Takashi Hoshi
Ibaraki University

^{*} $0 \leq b_n(i) \leq 4$, ただし、 $b_n(i) = 0$ は開発不能を表す

^{**} $n=0, 3, 4, 5, 6$ の場合は $b'_n(i) = b_n(i)$, $b'_n(i) \in b'(i) \forall n$

表1: 稲垣らの解 [1] と GA によるシミュレーションによる解との比較

稲垣らの解と GA での解との比較						
最大コスト (万円)	稲垣らの解		GA での最高値		GA での平均値	
	収量 (kg)	コスト (万円)	収量 (kg)	コスト (万円)	収量 (kg)	コスト (万円)
1000	16600	990	16400	990	15880	984
1500	19100	1490	18800	1484	18410	1471
2000	21200	1997	20800	1992	20480	1970

$$\text{条件 } H = \sum_i^N \omega_i c(b(i), b'(i)) < C_{\max}$$

である。しかし、GA の評価関数としてこの水稻総収量の式を用いると、開発総コスト H が考慮されなくなってしまう。また、開発コスト H を越えた場合の解を除去する致死遺伝子の概念を導入した場合収束が遅く最適値と思われる解に辿りつくことが困難であったので、building block を有効に活用するという観点より、GA での評価関数 F には最大コストからオーバーした分に比例してペナルティをかけ、個体自身は生き残らせる戦略をとる。したがって、評価関数 F は以下ようになる。

$$F = \sum_i^N \omega_i f(b'(i)) + k(C_{\max} - \sum_i^N \omega_i c(b(i), b'(i))) \times Pe$$

$$k = \begin{cases} 1 & (C_{\max} - \sum_i^N \omega_i c(b(i), b'(i)) \leq 0) \\ 0 & (C_{\max} - \sum_i^N \omega_i c(b(i), b'(i)) > 0) \end{cases}$$

Pe : ペナルティ係数

なお、条件を満たすためにこのペナルティ係数 Pe は任意の属性改善を $b'(m)$ とすると、

$$Pe > \frac{f(b'(m))}{c(b(m), b'(m))}$$

である必要があり、また Pe を大きく設定してしまうと淘汰されやすくなるため、コストオーバーした個体の building block を生かせなくなり、その結果、致死遺伝子を導入した場合に近くなってしまふので注意が必要である。これにより、同じ致死遺伝子であってもその遺伝子内での優劣がつくので、徐々に最大コストを越えない方向に近付くという効果が期待できる。

5 2種のPTYPEによるGA

本研究でのコーディング法として、改善土地属性に関する情報のみをコーディングする方法をとった。このとき、求められる解 (PTYPE) として、以下の2種類が考えられる。

PTYPE1: 情報そのものが改善土地属性を表す。

PTYPE2: 情報はもとの土地属性から改善される属性レベルの増分を表す。

具体的には、区画 i 、属性番号 n の遺伝子の値を $X_n(i)$ とし、PTYPE1 での改善土地属性を $P1_n(i)$ 、同様に PTYPE2 を $P2_n(i)$ とおくと、

$$P1_n(i) = \max(b_n(i), X_n(i))$$

$$P2_n(i) = \min(4, b_n(i) + X_n(i))$$

と表せる。しかし、PTYPE1 では、最大コストが高い場合、つまり改善する区画が多数必要な場合に対しては、GA がうまく機能せず、また、PTYPE2 では逆に最大コストが低い場合、最適解を求めることが困難となった。

そこで、1つの遺伝子に対し、上述の2つの PTYPE を定義し、それぞれに対し評価 $F(P1_n)$ 、 $F(P2_n)$ を算出し、評価の高いものを最終的な評価とする。すなわち、

$$F = \max(F(P1_n), F(P2_n))$$

となる。このように評価の高いものをとることにより、両方の PTYPE の長所を兼ね備えたものとなり、従来のように、ひとつの条件に対して表現型を使い分ける必要がなくなる。

この手法は、優性遺伝子の考え方に近いが、遺伝子が2倍体である必要がないという点と、1つの遺伝子に対する表現型が複数あるという点で異なる。また、評価関数自体は、PTYPE1,2 ともに共通の評価関数を使用しているため、GA が乱雑にならずに済むという利点もある。

6 結論

事例研究として、栃木県下都賀郡の水稻収量についての属性改善に関する適地選定を行った。もともとの収量を0とし、最大コストを1000,1500,2000で行ったシミュレーションの結果を表1に示す。ここでのGAでの平均値とは、シミュレーション10試行でのものである。この表1より、稲垣らの解と比較して同程度の収量が得られ、また、コストが意思決定者による最大コストを越えていないことが分かる。

この手法を用いると、さらに広域な区画において解を導くことは、染色体の長さを長くすることに相当するので、計算量だけを考えると等比級数的であったものが等差級数的にしか増加せず、また、土地属性が増加した場合にも同様のことがいえよう。

したがって、この手法は単純に遺伝子を長くするだけで、さらに広範囲に対しての同種の問題をも解くことができ、さらに、水稻の収量改善のみならず他の作物に対する応用の可能性も秘めている。

参考文献

[1] 稲垣・星 他4名: 衛星画像データにもとづく広域的農業開発適地選定, オペレーションズ・リサーチ, 1986年8月号, 512/518

[2] 星・山本: GAを用いた農業用地モデルの適地選定, システム農学会1994年度秋季一般講演, 7/8