

ゴルフコースの最適巡回路

2016SS007 遠藤大輝

指導教員：佐々木美裕

1 はじめに

ゴルフ場は日本国内に約 2400 ヲ所あり、2020 年レジヤール白書 [1] では、年間のゴルフ参加人口は 520 万人である。ゴルフはオリンピックの正式競技となるなど国民的スポーツになっている。その人気の要因は緑の多い大自然を満喫できることと、高齢者にとっても徒歩による適度な運動となる健康志向にある [2]。一方、プレー中は柔らかい芝生の上を歩くので体への負担が少ないが、ホール間を移動する際は固いアスファルトの道路上を歩くためゴルフシューズでは歩きにくく、膝への負担が大きく怪我につながる危険性がある。そこで、本研究ではコース間の距離に着目して、コースの巡回路を求める。



図 1 実際のゴルフ場のコース配置図例

2 ゴルフ場でのプレー

ゴルフ場コースには 18 個のホールがあり、それぞれ 1 番ホール、2 番ホールと呼ばれる。プレイヤーは 1 番ホールから順番に 2 番ホール、3 番ホールのように 18 番ホールまで回る (図 1 参照)。プレイヤーが全 18 ホール回ることを 1 ラウンドと呼び、1 ラウンドの合計のスコアを競うスポーツである。ゴルフ場での競技の場合、移動は徒歩となることが多い。徒歩で 1 ラウンド行う場合、プレイヤーは、コース内を徒歩で移動し、さらに 1 ホール終了後には次のホールまでの移動も徒歩となる。プレイヤーがホールからホールへ移動する際、ホール番号順に移動するが、その順序が最小距離を満たしている巡回路であるかを検証する。一般的に 1 ラウンド中のコース内の移動は約 8km、ホール間の移動が約 2km といわれる [3]。

3 ゴルフコースの最適化問題

本研究ではホール間の距離に着目して巡回路を求める。各コースのスタート地点とゴール地点は所与とする (図 2 参照)。ホールのゴール地点と、他ホールのスタート地点

の間の距離がホール間の移動距離となり (図 3 参照)、この移動距離の合計が最も小さくなるようにホールを回る順番を求める。すべてのホールは必ず 1 回は通り、重複なく巡回することが条件となる [4]。実際には、1 ラウンドするときにはホールの景観や土地の起伏、プレイヤーの公平性を保つため多様なホールが順番に回るように考慮されているが、問題では簡単にするために移動距離の観点からの巡回路を求める。

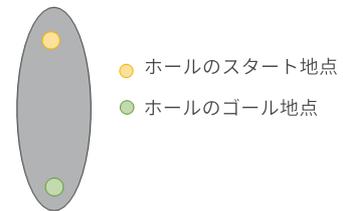


図 2 ホールのスタート地点とゴール地点の設定

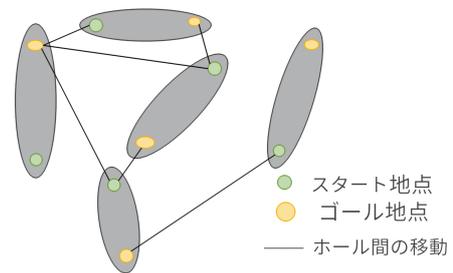


図 3 ゴール地点からスタート地点までの移動

4 モデルの定式化

4.1 記号の定義

定式化をするにあたり以下を定義する。ホールのスタート地点とゴール地点を交互にノードを設定する。奇数番号のノードはホールのスタート地点を表し、偶数番号はホールのゴール地点を表す。

N : ノードの集合.

S : スタートノードの集合, $S \subseteq N, S = \{1, 3, 5, \dots\}$

G : ゴールノードの集合, $G \subseteq N, G = \{2, 4, 6, \dots\}$

d_{ij} : ノード i からノード j までの距離

$$x_{ij} = \begin{cases} 1: & \text{ノード } i \text{ からノード } i \text{ へ向かう.} \\ 0: & \text{上記以外.} \end{cases}$$

f_{ij} : 枝を通過する「もの」の量を表す連続変数

4.2 定式化

以上の記号を用いると、ゴルフコースの最適巡回路は次のように定式化できる。

$$\text{minimize} \quad \sum_{i \in S} \sum_{j \in G} d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{i \in S} x_{ij} = 1 \quad j \in G \quad (2)$$

$$\sum_{j \in G} x_{ij} = 1 \quad i \in S \quad (3)$$

$$\sum_{j \in S} f_{1j} = n - 1 \quad (4)$$

$$\sum_{j \in S} f_{ji} - \sum_{j \in S} f_{ij} = 1 \quad i \in N \quad (5)$$

$$f_{1j} \leq (n - 1)x_{ij} \quad i \in N \quad (6)$$

$$f_{ij} \leq (n - 2)x_{ij} \quad i \in N \quad (7)$$

$$x_{i,i+1} = 1 \quad i = 2n - 1, n = 1.2.3 \dots 9 \quad (8)$$

$$f_{ij} \geq 0 \quad i \in N, j \in N \quad (9)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad i \in N, j \in N \quad (10)$$

(1) は、移動距離の総和である。これの最小値を求めることを目的とする。(2) は、 j 番ホールのゴールノード $j \in G$ から i 番ホールのスタートノード $i \in S$ へ出る枝は1つである制約である。(3) は、 i 番ホールのゴールノード $i \in G$ から j 番ホールのスタートノード $i \in S$ へ入る枝は1つである制約である。(4), (5), (6), (7) は、部分巡回路排除制約 [5] である。(8) は、スタートノードから同じホールのゴールノードまでは必ず向かう制約である。(9) は連続変数の非負制約である。(10) は、 x_{ij} のバイナリ制約である。

5 計算実験

5.1 データの作成

図4のゴルフ場のレイアウト図から巡回路を求める。

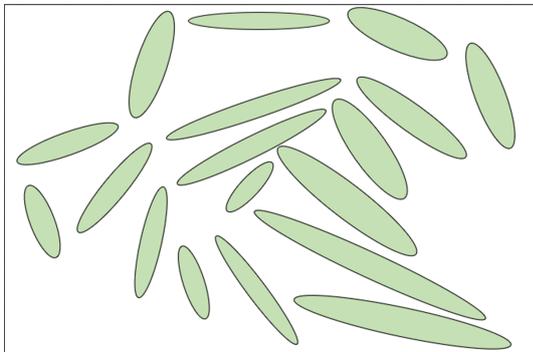


図4 ゴルフコースのレイアウト図

レイアウト図からコース間の距離を測り縮尺倍率を計算し実際の距離を求めた。ゴルフ場では前半9ホールと後半

9ホールがそれぞれひとまとまりのレイアウトとなることが多い。よって、1番ホールから9番ホールと10番ホールから18番ホールまでの2つの巡回路を求める。同じ番号のホールではスタートノードからゴールノードまでは必ず向かうため、ノード間の距離を0と置く。各ホールのゴール地点から同じホールのスタート地点に戻らないことを考慮する。また、スタートノードから他ホールのスタートノードへ移動しないためノード間の距離を1000と置く。同様にゴールノードから他のゴールノードへも向かわないため距離を1000と置く。

5.2 計算結果

図5のような巡回路が最適であるという結果となった。

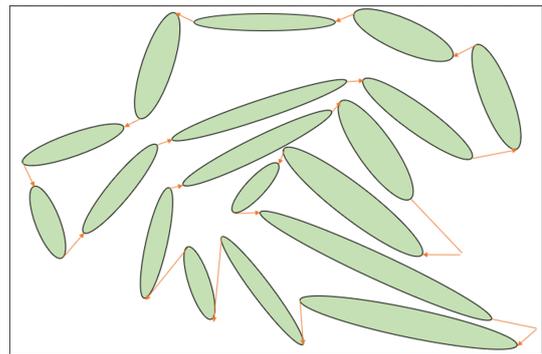


図5 ゴルフコースの最適巡回路

6 おわりに

本研究では、ゴルフ場の山や谷の起伏、バンカーやウォーターハザードなどの地形的な要素は加味せず、ゴルフコースを2次元平面として計算を行った。ゴルフ場のレイアウトを作成することが新しいゴルフ場が開設する場合に役立つと期待される。

参考文献

- [1] 公益財団法人日本生産性本部. レジャー白書 2020. 2020.
- [2] 日本ゴルフ協会. 日本ゴルフ協会 70 年史. 1994.
- [3] 廣済堂出版. 日本ゴルフ協会 (jga). 日本ゴルフトーナメント (gtpa): 『ゴルフルール早わかり集』. 2008.
- [4] ゴルフダイジェスト社. ゴルフ場セミナー. 2021.
- [5] Python 言語による実務で使える 100+ の最適化問題. <https://scmopt.github.io/opt100/57tsp.html>.