

# 弾道シミュレーションを用いた飛球防護施設の移設計画

協和設計株式会社 加賀 浩也

## 論文要旨

ゴルフ場に隣接する一般有料道路の拡幅工事にあたり、支障となる飛球防護施設の移設計画を行った。計画にあたっては、ボールの初速度、回転数等の条件を与え弾道を推定する弾道シミュレーションを用いた。使用するクラブとヘッドスピードを数ケース想定し、その組合せによる弾道から道路沿いに設置する直立式防球ネットの高さ・設置範囲を決定し、それを超える弾道区間には道路上にシェルター式防球ネットを計画した。

キーワード：一般有料道路の拡幅工事、飛球防護施設、弾道シミュレーション

### まえがき

一般有料道路の交通需要の高まりに対処するために計画された4車線化拡幅事業にあたり支障となる、隣接するゴルフ場の飛球防護施設の移設が必要となる。飛球防護施設の設計は経験的な手法に基づいて設計することが多く、設計基準など明確な設計手法は確立されていない。

本稿では、弾道シミュレーションを用いて行った飛球防護施設計画の実務報告を行う。

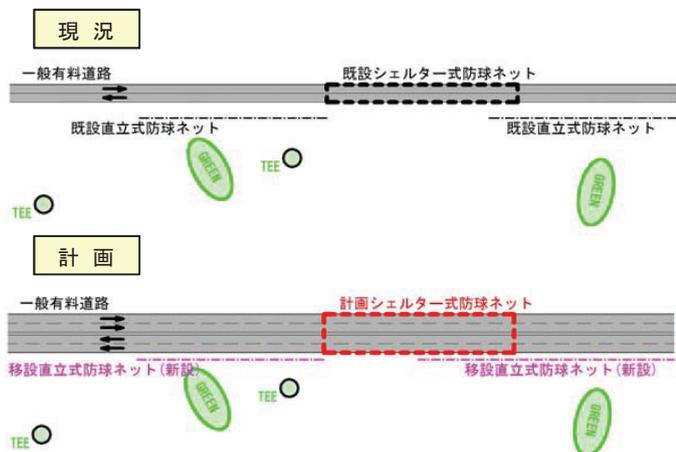


図-1 計画地イメージ図

## 1. 弾道シミュレーションについて

### (1) シミュレーションの必要性

「防球能力」は、近隣への迷惑防止がその目的であることから、常に完璧・完全なものが求められる。

しかし、実際に使用するまではどのような飛球が外に出るか、様々なファクターによってまだまだ解明できないものであることも事実である。

それだけに設計時には、できる限り各々の現場の条件を調査した上で、実際条件に近づけた形で飛球の飛跡を検証するため専用のプログラムを介し、多数の条件を入力したシミュレーションを行うことが必要である。

### (2) シミュレーション手法

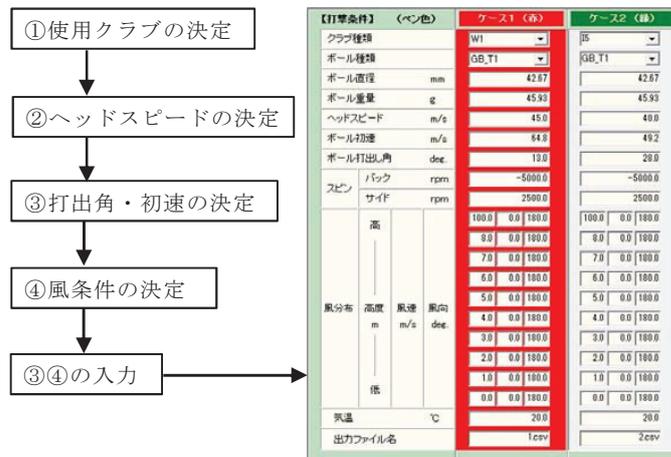


図-2 シミュレーションフロー

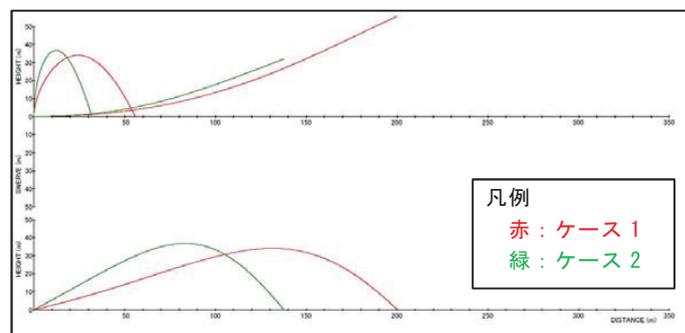


図-3 打球曲線図

## 2. 弾道シミュレーションの実施

### (1) 対象範囲

図-4 に示す一般有料道路に併設した ①ショートホールと②ミドルホールの 2 ホールを対象とする。

①ショートホールは1打目を対象とし、②ミドルホールは、1打目と2打目を対象とする。

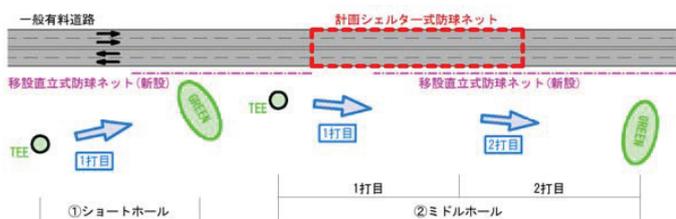


図-4 シミュレーション計画図

### (2) 制約条件

ゴルフ場の所有物である直立式防球ネットは、道路拡幅に伴い既設位置から 5m 程度ゴルフ場側へ新たに設置することになる。

新設する防球ネットは、施工条件より防球ネットの最大高さを建築基準法の確認申請を必要としない 15m までに抑える制約があった。

### (3) シミュレーション条件

各ホールの条件から、使用するクラブとヘッドスピードを想定し、その弾道を推定する。

風はフォローの場合、無風より飛距離は延びるが低い弾道となるため、飛球防護施設の高さ設定を目的とする本検討においては、無風条件とした。

なお、ミスショットは方向角 20° までとし、20° 以上は極端なミスショットとし検討外とする。

#### ①ショートホール

ショートホールで通常使用するクラブは I7 であるが、I5~I8 までの範囲を設定した。

ヘッドスピードは全ての条件において 40m/s(アマチュアの平均値)とし、初速・角度は表-1 のとおり各クラブの一般的な値を想定した。

表-1 シミュレーション条件(ショートホール)

シミュレーション条件(曲線色)	A	B	C	D
・クラブ種類	I5	I6	I7	I8
・ボール種類	ゲ-ムボール	ゲ-ムボール	ゲ-ムボール	ゲ-ムボール
・ヘッドスピード m/s	40.0	40.0	40.0	40.0
・ボール初速 m/s	49.2	47.2	45.6	43.6
・打出し角度 deg	28.0	32.0	36.0	40.0
・スピン	バック rpm(バック-)	-3000	-3000	-3000
	サイド rpm(フック+)	0	0	0
・風	風速 m/s	0.0	0.0	0.0
	風向 deg(正面180度)	-	-	-

#### ②ミドルホール

##### 1打目

1打目で使用するクラブは一般的な W1 とし、表-2 のとおりヘッドスピード、初速の違いにて条件設定を行った。

表-2 シミュレーション条件(ミドル1打目)

シミュレーション条件(曲線色)	A	B	C	D
・クラブ種類	W1	W1	W1	W1
・ボール種類	ゲ-ムボール	ゲ-ムボール	ゲ-ムボール	ゲ-ムボール
・ヘッドスピード m/s	50.0	45.0	40.0	35.0
・ボール初速 m/s	72.0	64.8	57.6	50.4
・打出し角度 deg	13.0	13.0	13.0	13.0
・スピン	バック rpm(バック-)	-3000	-3000	-3000
	サイド rpm(フック+)	0	0	0
・風	風速 m/s	0.0	0.0	0.0
	風向 deg(正面180度)	-	-	-

##### 2打目

2打目では1打目の飛距離から GREEN までの距離を想定し、表-3 のとおり残距離に見合ったクラブ等の条件を設定した。

表-3 シミュレーション条件(ミドル2打目)

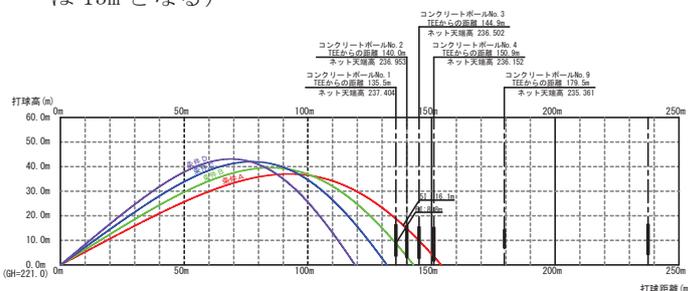
シミュレーション条件(曲線色)	A	B	C	D	E
・クラブ種類	3W	I3	I4	I5	I6
・ボール種類	ゲ-ムボール	ゲ-ムボール	ゲ-ムボール	ゲ-ムボール	ゲ-ムボール
・ヘッドスピード m/s	45.0	40.0	40.0	40.0	40.0
・ボール初速 m/s	52.8	53.2	51.2	49.2	47.2
・打出し角度 deg	18.0	21.0	24.0	28.0	40.0
・スピン	バック rpm(バック-)	-500	-1000	-1000	-1000
	サイド rpm(フック+)	0	0	0	0
・風	風速 m/s	0.0	0.0	0.0	0.0
	風向 deg(正面180度)	-	-	-	-

### (4) シミュレーション結果

#### ①ショートホール

図-5 は、各条件による打球曲線図に計画直立式防球ネット(コンクリートボール(以下「ボール」と称す)N0.1~15)を重ねた図である。

ボール N0.1 は、ミスショット 20° の範囲外であるため、ボール N0.2 の位置で最大飛距離となる条件 A (I5) の弾道より高く防球ネット天端を計画すればよいことが解る。(防球ネットの高さは 13m となる)



シミュレーション結果(曲線色)	A	B	C	D
・最大飛距離 m	154.0	142.8	132.0	119.0
・最大曲がり m	0.0	0.0	0.0	0.0
・最高高度 m	37.0	39.6	42.0	43.1

図-5 打球曲線図

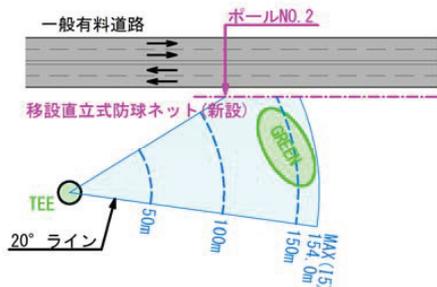


図-6 打球飛距離図

ショートコースはグリーンまで 138.0m (151yd) 程度であり、通常 I7(条件C, 最大飛距離 132.0m) を使用することが想定される。

シミュレーション条件として想定した、条件 A (I5)の最大飛距離 154.0m(168yd)をもっても当該区間では H=13.0m程度の直立式防球ネットで可能であることが確認できる。

②ミドルホール

1 打目

図-7 は、各条件による打球曲線図に計画直立式防球ネット(ポール NO.16~28)を重ねた図である。

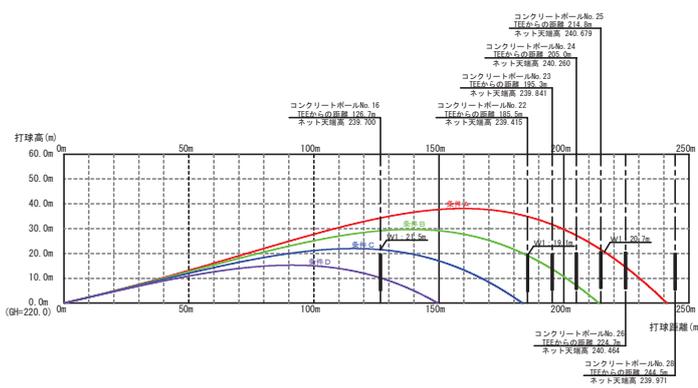


図-7 打球曲線図

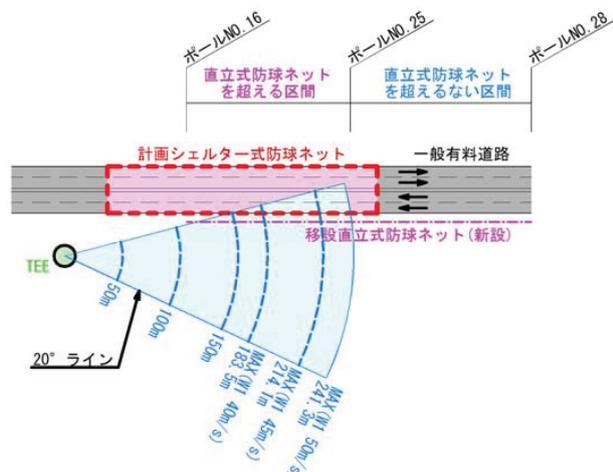


図-8 打球飛距離図

最大高さ H=15.0mの直立式防球ネットを設置しても条件A(W1, ヘッドスピード 50m/s)の最大飛距離 241.3m(264yd)までの区間では、直立式防球ネットを超えることとなる。

2 打目

図-9 は、各条件による打球曲線図に計画直立式防球ネット(ポール NO.33~38)を重ねた図である。

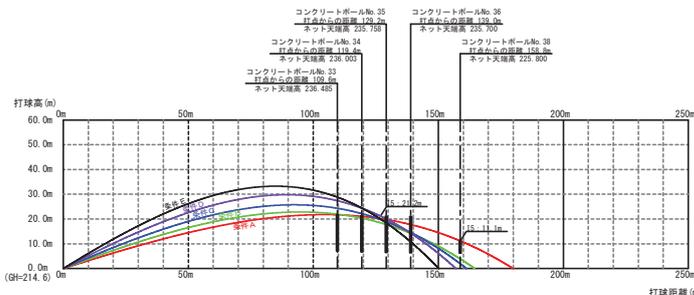


図-9 打球曲線図

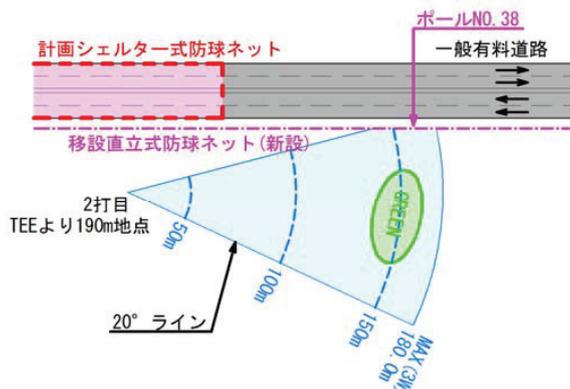


図-10 打球飛距離図

条件A(W3)の打球曲線からボール NO. 38 以降ではボールは落ちるため、ボール高さ H=5.0m 程度で満足することが解る。それ以前の区間では、最大高さ H=15.0mの直立式防球ネットが必要である。

3. 検討結果

上記の弾道シミュレーション結果にて、直立式防球ネットの設置高さを決定した。また、最大高さ H=15.0mの直立式防球ネットを超える②ミドルホール 1 打目の弾道区間には、道路上にシェルター式防球ネットを採用した。

シェルター式防球ネットの設置範囲は、弾道線を延長した道路影響範囲(現況同等)までとし、維持管理等を考慮した山型形状とした。

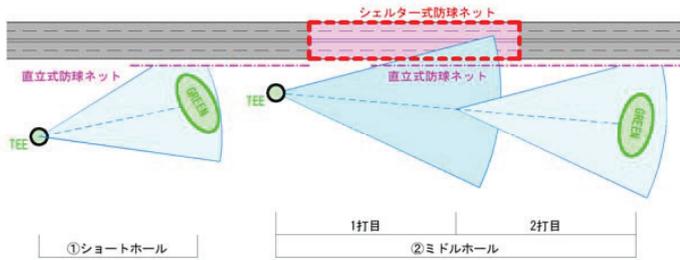


図-11 イメージ図

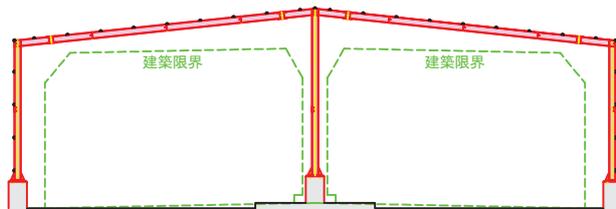


図-12 シェルター式防球ネット

## あしがき

弾道シミュレーションの活用により、飛球範囲の特定が可能であり道路の安全を確保する防球施設計画に活用することができた。

しかし、シミュレーションはプレーヤーの技量や風などの影響を限定して行うため、さまざまな条件変化により異なる。実際のプレー状況を全て調査できない場合、短時間で予測する利便性はあるが、実際には予測以外のことがおこりうる可能性もあることから、より熟慮のうえ検討する必要がある。

最後に、本稿を作成するにあたり、ご指導・ご協力いただきました関係者の方々に感謝の意を表します。

## 参考文献（または引用文献）

- ①建築基準法施行令 平成 28 年 3 月 国土交通省
- ②建築基準法に基づく主要な告示  
平成 19 年 5 月 国土交通省
- ③配電規定 平成 24 年 10 月 (社)日本電気協会
- ④コンクリートポールハンドブック  
昭和 33 年 7 月 鉄道電化協会