

センターサーブにおける打点高が許容される打ち出し角度に与える影響

研究代表者 村田宗紀 (鹿屋体育大学)

目的

テニスサーブでは、ボールをネットに触れさせずにサービスボックスに到達させる必要があることから、身長 (あるいは打点) が高い選手の方が有利であるということが、指導現場における一般的な認識である³⁾。しかし、打点高の変化が具体的にどの程度ミスリスクを低減させるかについて、定量的に言及することは難しい。

バスケットボールでは、コンピュータシミュレーションを用いることで、シュートがリングに触れることなく成功するリリースパラメータ (投射速度、投射位置) の組み合わせを網羅的に求め、ミスリスクを定量化した報告がある⁴⁾。同様のコンピュータシミュレーションを駆使することで、サーブにおいても課題を達成するサーブスピード、回転数、打ち出し角度などの組み合わせを求めることができる。そこで、本研究ではコンピュータシミュレーションを用い、打点高の違いと許容される打ち出し角度の関係を明らかにする。

方法

ボール軌道のシミュレーション

打点の高さがサーブのミスリスクに与える影響を検討するためには、任意の初期条件におけるボール軌道を求める必要がある。そこで、以下の仮定に基づくボールのフライトシミュレータを構築した。

- ①打点はセンターマークの鉛直上方に存在する。
- ②ボールは必ずセンターライン上に落下する。
- ③ボールの角速度は飛翔中に一定である。
- ④先行研究⁶⁾に基づき、ボールの回転軸は鉛直を基準に35.6度傾いている。
- ⑤ボールには重力、揚力、抗力のみが作用する。空力を決める各係数 (揚力係数・抗力係数) は先行研究²⁾を参照した。以上の条件に基づいてボールのスピード、打ち出し角度、角速度、初期位置を与え、運動方程式を数値積分することで、各時刻のボール座標を算出した。

先行研究では¹⁾、サーブの打点高は身長約1.5倍であることが報告されている。そこで、本研究では身長を1.8mおよび2.0mと仮定し、打点高を2.7mと3.0mとした。村松ら⁵⁾によると、一流選手のサーブの回転数は1000rpm-5000rpm程度であることから、本研究では回転数を1000rpmと5000rpmの2条件とした。なお、本研究ではデイスサイドにおける右利きのフラットサーブおよびキックサーブを模擬した。

ミスのリスクの定量化

本研究では、ミスのリスクを定量化する指標とし、課題達成に許される打ち出し角度の誤差 (許容角度) を定義した。具体的には、ボールがネットに触れることなくちょうどネットを通過する打ち出し角度を下限、ボールがサービスライン上に落下する打ち出し角度を上限とし、打ち出し角度の上限と下限の差を許容角度とした (図1)。このとき、ネット上をボールが通過する際、ネットとボール中心の距離がボール半個分 (33.6mm) より小さい場合、ネットとボールが接触したと判定した。



図1：許容角度の定義

結果

図2は2種類の打点高について示したものである。打点高の違い、およびボールの回転数によらず、許容角度は打球スピードが100km/hから150km/h付近では、打球スピードが大きくなるにつれて急激に角度が小さくなっていった。しかし、ボールスピードが大きくなると、許容角度の減少量は緩やかかつ一定になっていた。また、同じスピードであれば、許容角度は回転数が大きい方が大きく、打点高が大きい方が大きかった。

考察

一流選手のサーブでは、スピードと回転数がトレードオフの関係にあり、回転数が1000rpm程度ときにはスピードが210km/h程度、回転数が5000rpm程度にはスピードが140km/h程度である⁵⁾。このことから、前者をスピード重視のサーブ (いわゆるフラットサーブ)、後者を回転重視のサーブ (いわゆるキックサーブ) であると仮定する。図2より、打点高3.0mの選手が前述のスピードと回転数の組み合わせのサーブを打った際の許容角度を、打点高2.7mの選手が実現する場合、どの程度までスピードを小

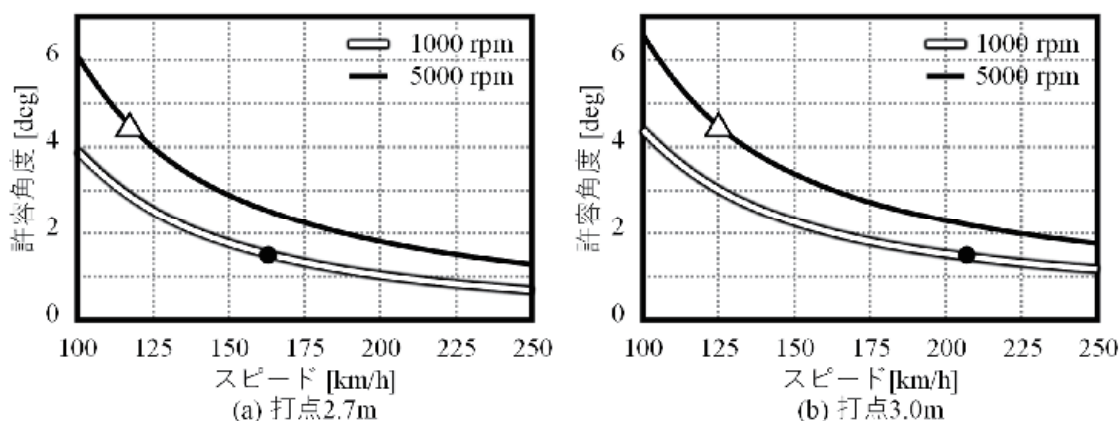


図2：ボールスピードと許容誤差の関係

さくしなくてはならないかを比較する。打点高が3.0mの選手が210km/h、1000rpmのサーブを打つ場合、許容角度が約1.5度であり、打点高2.7mで同程度の許容角度を実現するには、167km/hまでスピードを落とす必要があった(図中●)。一方、打点高3.0mの選手が140km/h、5000rpmのサーブを打つ場合、許容角度は約3.7度であり、打点高2.7mで同程度の許容角度を実現するには、128km/h程度であった(図中△)。以上のことから、①スピードを重視したサーブに比べて、回転を重視したサーブでは、許容される打ち出し角度が2倍強大きい。②身長差が許容角度に与える影響は、スピードが大きいサーブにおいてより顕著になる。言い換えると、回転をかけることでマグナス効果によってボールの軌道を操ることができるが、スピードを重視したサーブでは、回転の効果によって、打点高の違いによる優位性を埋めることが難しいといえる。

許容誤差の変化はボールスピードに対して直線的に変化しておらず、スピードが大きくなると許容誤差の変化は緩やかになっていた。また、スピードが大きくなるほど、回転数の違いによる許容角度の差が小さくなっていった(図2)。このことは、スピード重視のサーブほど、空力による軌道の変化が小さいことを意味している。空力の影響はスピードの2乗に比例して大きくなるが、スピードが大きい場合は飛行時間が短くなり、空力が作用する時間が短くなる。特に、軌道の変化は空力による加速度を時間で2階積分したものであることから、時間応答が遅い。そのため、スピードの増加に伴う空力の増加と、飛行時間の減少の効果のうち、スピードが大きい場合には後者の影響が大きかったと推察される。

まとめ

本研究では、コンピュータシミュレーションを用いることで、許容角度と打点高、打ち出しスピード、

回転数の関係を定量化した。そして、打点高の影響はスピードを重視したサーブの時ほど大きいことを定量的に示した。また、打点高にかかわらず、スピードが大きくなると、回転数の違いが許容角度に与える影響が小さくなることを示した。その要因として、スピードの増加に伴うボールに作用する空力の増加に比べ、飛行時間の減少がボール軌道により影響していたためと推察された。

参考文献

- 1) Brody. Unforced errors and error reduction in tennis. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5):397-400, 2006.
- 2) Cross et al. Measurements of drag and lift on tennis balls in flight. *Sports Engineering*, 17:89-96, 2014.
- 3) Vaverka et al. Association between body height and serve speed in elite tennis players. *Sports Biomechanics*, 12(1):30-37, 2013.
- 4) Inaba et al. Influence of Selection of Release Angle and Speed on Success Rates of Jump Shots in Basketball. *Proceedings of the 5th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support*. 48-55, 2017.
- 5) 村松ら. 世界トップクラステニス選手のサービスにおける速度と回転量の関係について, *テニスの科学*, 23:1-7, 2015.
- 6) Sakurai et al. Ball spin in the tennis serve: Spin rate and axis of rotation. *Sport Biomechanics*, 12(1):23-29, 2013.