

陸上競技指導におけるドローンの活用方法についての検討

山崎 淳平

城西大学附属川越高等学校教諭

Examination of utilizing drone in guidance of athletics

Jumpei YAMAZAKI

Josai Kawagoe High School

Abstracts

The purpose of this study is to examine utilizing drone in guidance of athletics. In sprint event training, automatic tracking shooting system of the drone can provide easily aerial movies of the runner in the corner in real time, which fixed point cameras cannot. Hence, drone footage might discover some new guidance points. In field event training, drone footage might more easily give us feedback on twist movement in high jump training or rotation movement in throwing event training. In long-distance training, autopilot drone could become a pacemaker. In conclusion, the present result suggests that utilizing drone in guidance of athletics is useful.

1. はじめに

ドローンとは、広義として、遠隔操作や自動操縦による無人航空機全般を指す言葉であり、当初は軍事用の無人航空機として開発された。しかしながら、現在その用途は多岐に渡り、農薬散布や災害監視、測量点検、テレビ業界では報道番組やドラマ・CMなどの映像素材として使用され、今やドローンを使った映像を見ない日はないほどである。

2010年頃からは民間企業による開発競争が激化し、価格も一般人が手軽に購入できるほどの低価格化が進んでいる。このようなドローンの進化には、「加速度センサー」・「ジャイロセンサー」・「GPS」などの高度センサーが備わったスマートフォン(以下、スマホ)の普及が大きく影響している。近年のドローンは、本体に付いているカメラとスマホを連携させ、ライブ映像をスマホの画面で確認しながら飛行することを可能にした。これらの技術は、ドローンの「安全性」を高め、「操作」をより容易にし、ドローン普及の大きな後押しとなった。筆者もその操作性に魅力を感じ、ドローン購入に至っている。

昨今では、ドローンをスポーツの舞台でも活用する事例が目立っている。サッカーやラグビー

ではナショナルチームのポジション戦略検討などにもドローンが大いに活用され、また、エクストリームスポーツ「X GAMES」でもドローン中継を実現させている (<https://www.drone.jp/news/20150128130522.html>)。ドローンの大きな特徴である、「空撮」をうまくスポーツに活用している良い例である。そのような例から、私自身、指導をしている陸上競技にも活用できるのではないかと考えるようになった。

以上のことから本研究では、陸上競技におけるドローンの活用の有用性について、課題も含め検討する。ただし、本研究はドローンの活用を検討するものであり、詳細な動作解析は行わないものとする。

2. 使用するドローンの仕様・機能

本研究で使用する機体はDJI社製ドローン「MAVIC2 ZOOM」定価162,000円(図1)である。DJI社は中国広東省深圳にあり、民生用ドローンの企業としては最も大きな企業である。2016年時点では、ドローンの世界シェアの7割以上を占めており、ドローン関連の多くの特許を取得している。ドローンの飛行安定性・操作性・安全性、全てにおい



図1 MAVIC2 ZOOM 本体

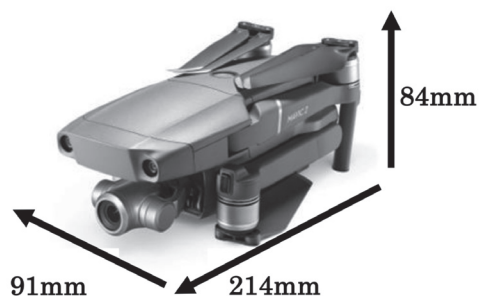


図2 折り畳み時

表1 MAVIC 2 ZOOM 機体 スペック

機体重量	905g
サイズ	たたんだ状態: 214×91×84mm(L*W*H) 飛行状態: 322×242×84mm(L*W*H)
対角寸法	354mm
最大上昇速度	5m/s(Sモード) 4m/s(Pモード)
最大下降速度	3m/s
最大飛行速度	72km/h(Sモード)
運用限界高度(海拔)	6000m
最大飛行時間(無風)	31分
最大ホバリング時間	29分
ホバリング精度	垂直±0.1m 水平±0.3m
バッテリー容量	3850mAh 交換可能なカートリッジ式

表3 送信機 スペック

動作周波数	2.400~2.483GHz(日本国内)
最大伝送距離	5000m(日本)
バッテリー	3950mAh
充電時間	約135分
対応モバイルサイズ	最大長:160mm、最大厚さ:6.5~8.5mm
対応USBポートタイプ	Lightning、MicroUSB(Type-B)、USB-C

て定評のあるメーカーである。特に飛行安定性についてはGPS位置情報の精度が高く、操作レバーを離れた無操作状態でも安定したホバリングが可能である。初心者でも落ち着いて操作することができるという観点から、多くの消費者に選ばれている。

本研究で使用する「MAVIC2 ZOOM」に関連する主な仕様については表1~3に示す。MAVICシリーズは収納時に4本のアームを折り畳むことができ、持ち運びも容易である(図2)。また、カメラの性能も高く、動画はFHD設定で120pのスロー撮影ができ、4K30p撮影まで対応している。撮影時のブレや揺れを抑え、安定した撮影を可能にする3軸ジンバルの機構も備えている。さらに、機体名通り「ズーム」が可能で、拡大率は最大で4倍である。スポーツ場面を想定した活用では、安全面を考慮し、被写体から一定の距離を置く必要がある。ズーム機能は距離を取っても近接撮影と同じような画角で撮影することが可能であることから、機体選定の上で重要なポイントである。また、何らかのトラブルで送信機とドローンの無線通信が切れた場合は、自動で帰還す

表2 カメラ スペック

センサー	1/2.3インチ CMOS 有効画素数:12MP
レンズ	FOV:約83°(24mm)、約48°(48mm) 35mm判換算:24-48mm 絞り:F2.8(24mm)-F3.8(48mm) 撮影範囲:0.5m~∞
ISO感度	動画:100~3200 写真:100~1600(オート)~3200(マニュアル)
シャッター速度	電子シャッター:8~1/8000秒
静止画サイズ	4000×3000
動画解像度	4K:3840×2160 24/25/30p 2.7K:2688×1512 24/25/30/48/50/60p FHD:1920×1080 24/25/30/48/50/60/120p

る「フェイルセーフ」機能も充実している。安全性に関してもセンサーにより、上下前後左右の6方向の障害物を検知可能となっており、条件によっては障害物を自動に回避しながら飛行することも可能である。

機体操縦には専用の送信機があり、これとスマホを連動させ、モニターとして利用する(図3)。ドローンとスマホの連携にはDJI専用アプリケーション(以下アプリ)「DJI GO 4」を使い操作を行う。スマホ画面での操作も含め、全体でコントロールが可能な機能は、機体の前進後退、前後左右旋回、飛行高度調整、カメラの制御(動画解像度・拡大率・ISO感度・シャッタースピード)である。ドローンの機体操作については送信機の左右のレバーを操作し、コントロールする。操作設定は3つのパターンがあり(図4)、各自でカスタマイズが可能である。また、アプリの機能には、Active Track(自動追従機能)があり、選択した対象を自動で追従しながら(最大スピード72km/h)撮影することもできる(図5)。

3. 陸上競技への活用

3-1 短距離種目について

短距離走の指導現場では、ビデオカメラやタブレット端末を活用し、フィードバックを行う方法が一般的である。撮影方法は、定点の撮影者が選手を追いながらパンニングすることがほとんどだろう。

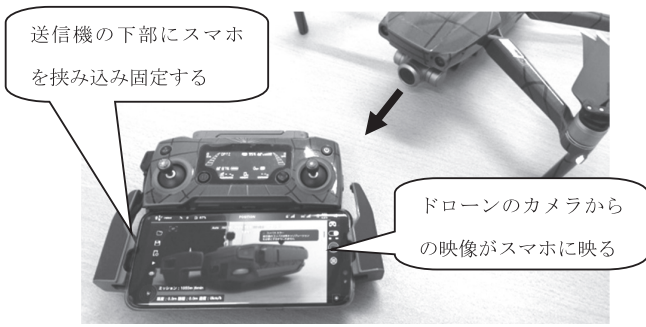


図3 送信機とスマホの画面



図5 Active Trackの様子

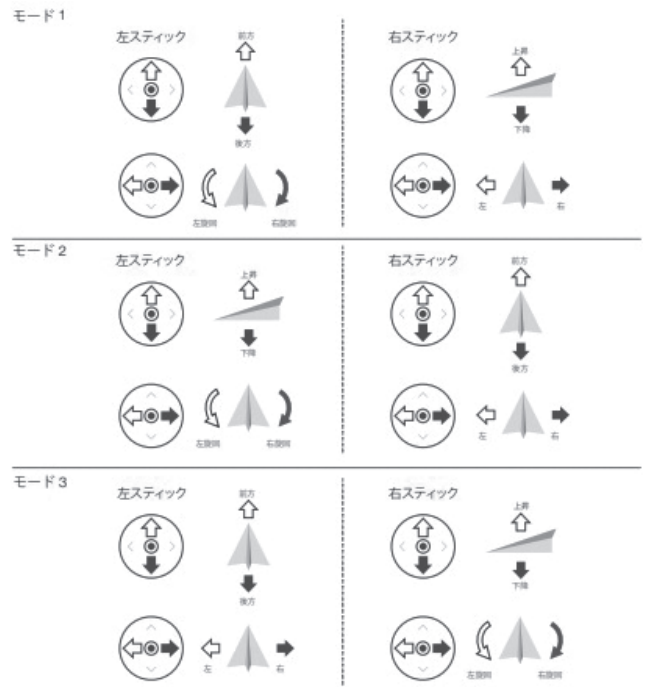


図4 ドローンの操作方法 (MAVIC2 マニュアル p43)



図6 バトンパス練習時の空撮



図8 一般的なビデオ撮影

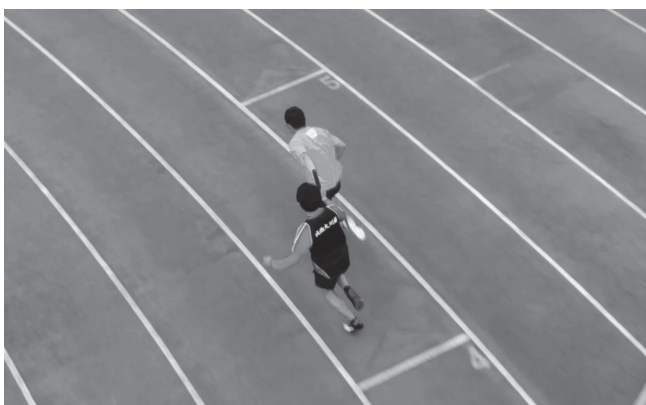


図7 バトンパス練習時の空撮1

一般的撮影方法のパンニングについての問題点は、撮影位置によっては走者の矢状面しか映らず、情報

としては不完全という点が挙げられる。また、これまでの短距離走の研究方法は主に直走路における研究であった。しかし、実際の陸上競技場の400mトラックは、直走路よりも曲走路の方が長い。つまり、100mを除くレースの半分以上が曲走路を疾走していることになる。しかしながら、曲走路疾走に関する研究はまだ十分に行われておらず、曲走路疾走技術の理解が進んでいないことが指摘されている(石村, 2017)。

ドローン活用の最大の利点に、空中からの映像(以下、空撮)によるフィードバックが挙げられる。空撮は、撮影する角度や距離、位置(高度)などを自由に定めることができ、大掛かりな機材準備を必要としない。また、2. 使用するドローンの使用・機

能で述べたように、対象となる物(人)を指定すれば、自動追従 (ActiveTrack) による撮影も可能である。

以上の理由から、曲走路疾走の指導にドローンを活用することを検討した。具体的には、リレーのバトン練習と 400mH の練習における疾走時の様子を ActiveTrack で撮影し、指導に活かした。ドローンのカメラ設定は基本的に AUTO とし、動画は FHD30fps にて行った。

図 6・7 はバトンパス練習を空撮したものである。一般的なビデオカメラのパンニング撮影 (図 8) に比べ、コース取りや手の出し方まで詳細に確認することができたため、次走者の走り出しのタイミング以外にも腕の出し方、コース内の走り方など指導のポイントを多く伝えることができた。

次に、400mH の練習において、ドローンを使い指導した事例を紹介する。図 9～11 は第 1 ハードルを疾走する際の空撮である。図 9・10 は 400mH 初心者 (男子選手 59 秒 8)、図 11 は、400mH 経験者 (男子選手 54 秒 3) である。図 9～10 にかけてのハードリングを見れば曲線の外側にかけて身体が流れてしまっていることがわかる。一方、経験者は曲走路が急な第 1 ハードルであっても走路内側をしっかりとトレースしながら疾走できていた。初心者の身体の内傾不足は、外側に流れてしまう原因であることを直感的に捉え指導することができた。また、経験者においても、曲走路ハードリングの走行軌跡を詳細に認識でき、自らの技術の向上を確認することができていた。

このように、いずれの使用方法でもドローンの追従機能を活用することで、直感的にフィードバックして指導をすることができた。

3-2 フィールド種目について

走高跳の背面跳びについては、助走～踏切までに曲線走～内傾動作があることと、跳躍時にも捻り動作があり回転動作が多いことから三次元の視覚情報が求められる (小賦, 2018) とされている。ドローンを使った空撮であれば、指導のポイントに合わせ、撮影角度を自由に決めることができるため、今回の指導では、高跳のバーの鉛直上方約 10m から真下を撮影した。映像からは踏切位置、肩のロール、バーに対する空中移動角度など見てとれる (図 12～15)。

次に、投擲種目からは円盤投の事例である。サークルの鉛直上方約 15m の高さから映像をズームし、真下を撮影した。円盤投においては前半ターンで捻りを作り、捻り戻しの力で投げるのが基本である

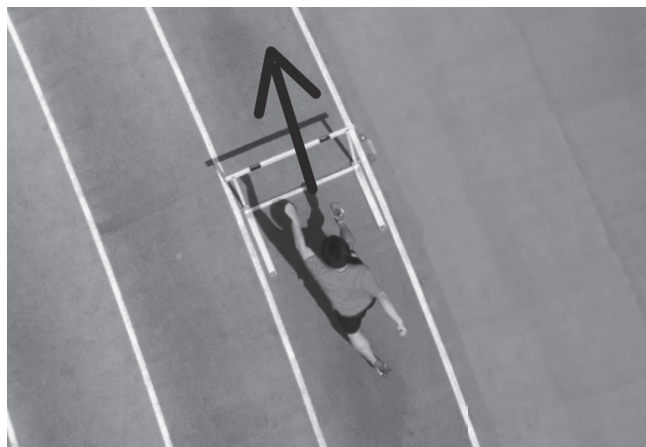


図 9 400mH 初心者 1

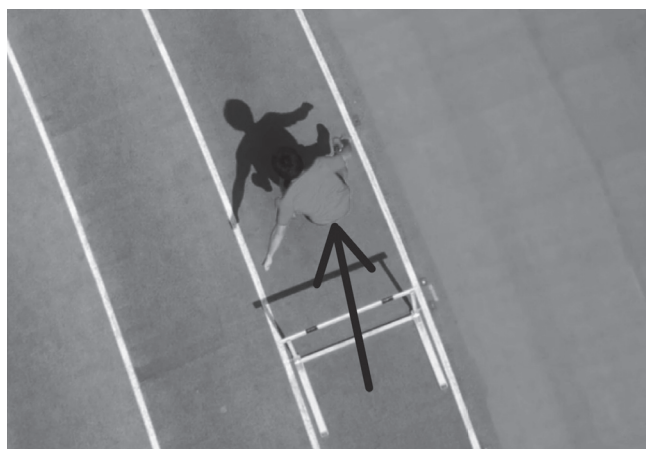


図 10 400mH 初心者 2



図 11 400mH 経験者

が、図 16・図 17 では、回転の中心から足が離れてしまっているため、回転スピードを失速させてしまっている。また、図 18 では、図 19 に比べ、左足の接地位置が閉じてしまっており、捻り戻しの力を十分に発揮できていないことがわかる。撮影後すぐに選手に映像を確認させ、自分の投擲フォームのどの部分に課題があるかを指導した。選手は、ターンの様子を直感的に把握できたため、修正ポイントが

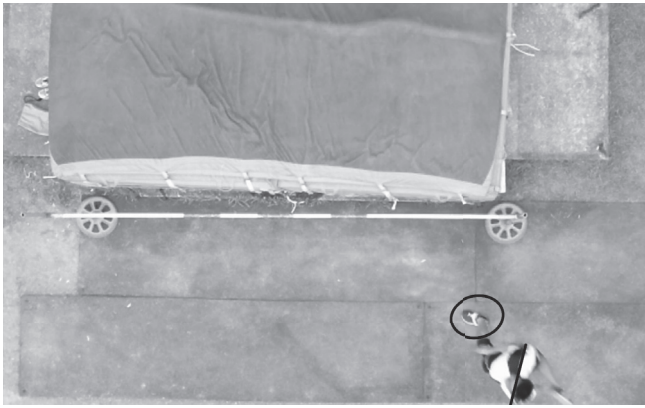


図 12 走高跳の指導 1



図 16 円盤投の指導 1

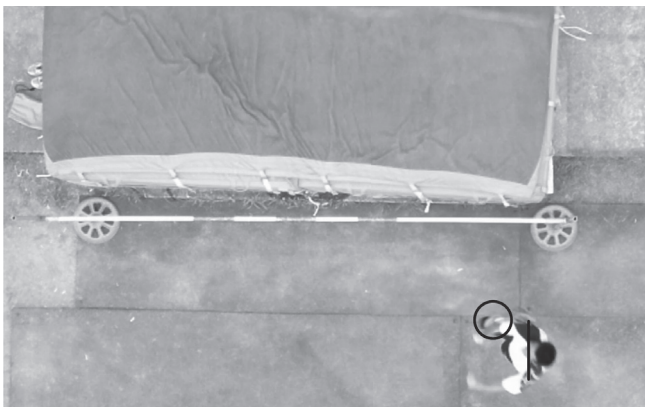


図 13 走高跳の指導 2

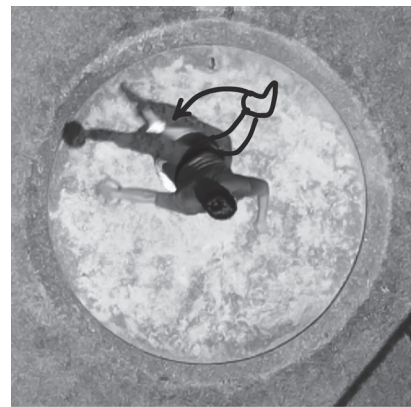


図 17 円盤投の指導 2

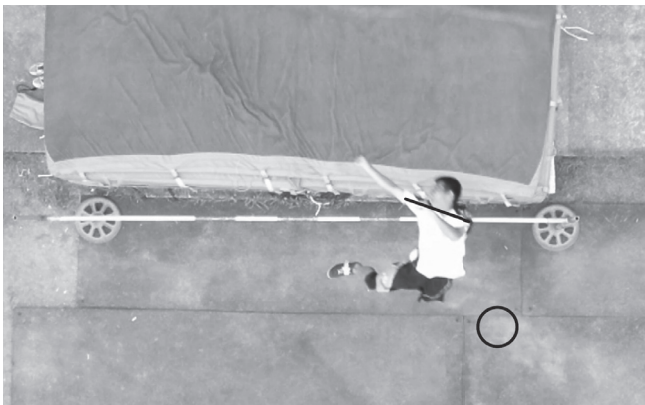


図 14 走高跳の指導 3

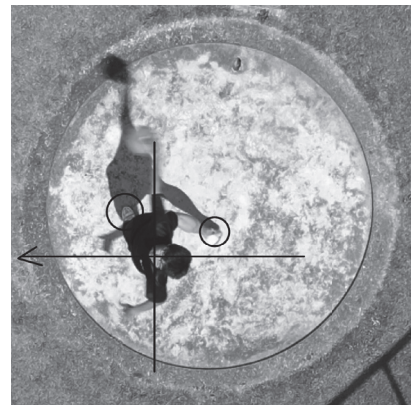


図 18 円盤投の指導 3

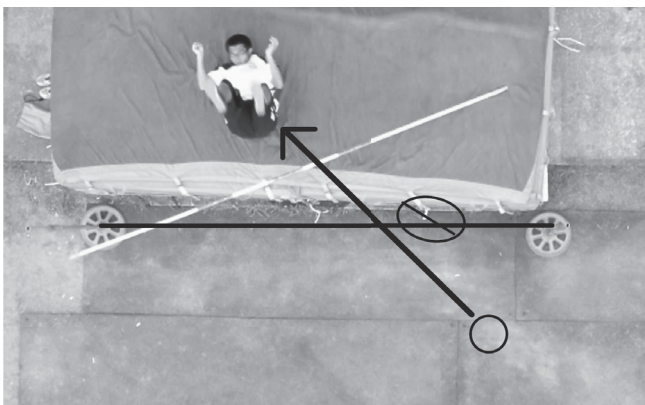


図 15 走高跳の指導 4

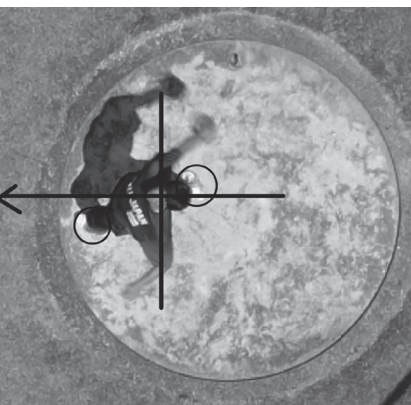


図 19 円盤投の指導 4

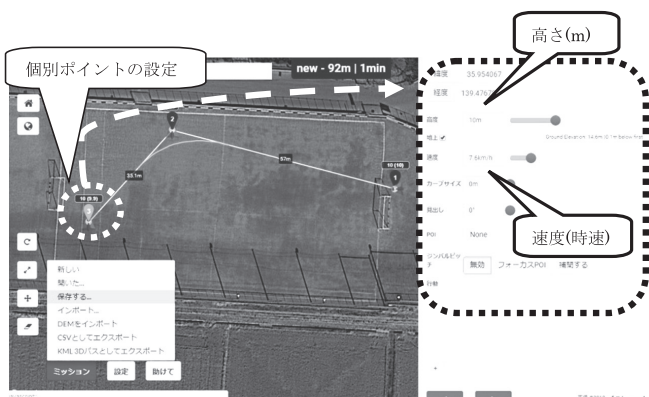


図20 PCブラウザ上でのフライトプラン作成例

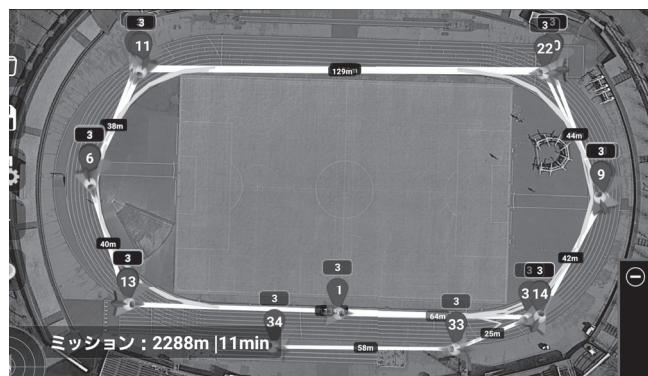


図21 トラック上のフライトプラン

わかりやすかったようである。

3-3 長距離種目について

ドローンの長距離種目への活用については、空撮によるフィードバックの情報が他種目ほど得られないと考え、別の活用方法について検討した。ドローンは空撮のために使用するという発想を転換し、安定飛行するドローン自体をランナーが追従するという活用法を考案した。つまり、ドローンをペースメーカーにして走るという試みである。

「使用するドローンの仕様・機能」の際に述べたドローン操作においてDJI 純正アプリを使用した。ここではサードパーティー製の有料アプリ「Litch for DJI Mavic (VC Technology Ltd 製) Android 版 2,720 円」を使用し、別の機能でドローンを操作する。このアプリではGPS 情報を利用して地図上に指定ポイントを事前に設定し（以下フライトプラン）、ドローンの速度や高度も調整した上で自動航行をすることができる。（「Waypoint 機能」）また、アプリのHP (<https://flylitchi.com/hub>) に登録をしてログインをすればPC ブラウザ上でもフライトプランを作成することができ、その情報はスマホアプリと相互で共有・編集することが可能である（図20）。

筆者はアプリ地図上の400mトラックにフライトプランを設定（図21）し、周回あたりの設定タイムから平均速度を算出して実際にドローンペース走を練習に取り入れた。

対象選手は、本校陸上競技部長距離部員8名（高校1年生5名、高校2年生3名）。練習内容は、最初から最後まで均一のペースという設定ではなく、レース中の揺さぶりやラストスパートなどのチェンジオブペースを意識させたものを主と考え、可変ペース走を意識したものとした。距離についてはバッテリーにゆとりを持たせて（15分以内のフラ

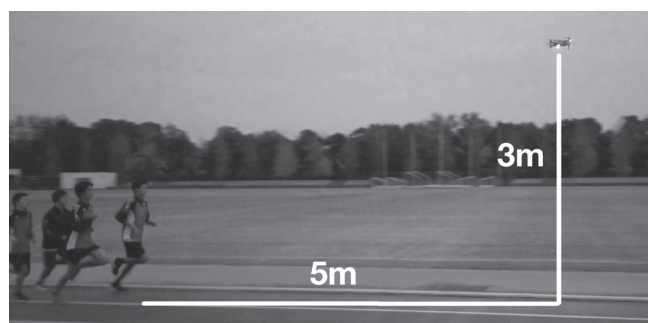


図22 ドローンペース走の様子



図23 ドローン下部LED照射時1

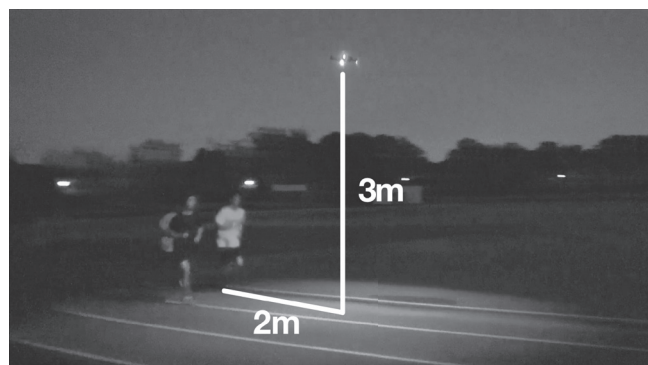


図24 ドローン下部LED照射時2

イト) 距離は2000mとした。ドローンと選手の距離については、見上げすぎるとランニングフォームに影響がでることから、高さは3m固定、ドローン真

表4 3段階ビルドアップ

高さ	3m 固定		
距離	600m	600m	800m
積算距離	(600m)	(1200m)	(2000m)
速さ	16.2km/h	16.9km/h	18.0km/h
400m周回時間	88秒	85秒	80秒
ペースイメージ	キロ3分40秒	キロ3分30秒	キロ3分20秒
スピードの上下イメージ	→	↑	↑

表5 5段階可変ペースA

高さ	3m 固定				
距離	400m	400m	400m	400m	400m
積算距離	(400m)	(800m)	(1200m)	(1600m)	(2000m)
速さ	16.6km/h	15.8km/h	16.6km/h	17.6km/h	18.7km/h
400m周回時間	86秒	91秒	86秒	82秒	77秒
ペースイメージ	キロ3分35秒	キロ3分47秒	キロ3分35秒	キロ3分25秒	キロ3分12秒
スピードの上下イメージ	→	↓	↑	↑	↑

表6 5段階可変ペースB

高さ	3m 固定				
距離	400m	400m	400m	400m	400m
積算距離	(400m)	(800m)	(1200m)	(1600m)	(2000m)
速さ	16.9km/h	16.2km/h	17.6km/h	16.6km/h	19.5km/h
400m周回時間	85秒	88秒	82秒	86秒	74秒
ペースイメージ	キロ3分32秒	キロ3分40秒	キロ3分25秒	キロ3分35秒	キロ3分12秒
スピードの上下イメージ	→	↓	↑	↓	↑

下からの距離は約5mとした(図22)。また、暗くなり始めた夕方の練習時には、ドローン機体下部に付いているLEDライトを点灯させての飛行をしたところコースが照らされ、視認性が向上して追従しやすくなったため、ドローン真下まで2mの位置で追従走行ができた(図23・24)。

今回行ったチェンジオブペース走は、以下の表4～6にデータをまとめた。3段階ビルドアップメニューは、600m・600m・800mの距離に分け、5段階可変ペースメニューは400mごとに5回ペースを変化させて練習した。また、ドローンペース走実施後に、選手のみで同じペース走を実施させた。ドローンペース走の際は、最後まで集団走ができていたが、ドローンなしでのペース走は、集団が崩れ縦長になってしまっている場面があった。

練習の結果、400mの周回で最大誤差が1～2秒の時があったが、概ね設定ペース通りに練習を行うことができた(表4, 5, 6)。誤差の原因は、練習当日に風速3mほどの強い風が吹いていたこと、曲走路における減速、地図上のトラックと実際のトラックに僅かな誤差が生じていることなどが考えられる。設定速度の微調整や、GPSのポジションを微調整すれば設定通りのペースを刻ませることは可能であろう。また、高度設定を3m固定としたが、時々5mほどの高さに上昇してしまうところがあり、選手の視線が高くなってしまったことがあった。こちら

も設定を調整すればクリアできるものと思われる。

選手からは、ドローンを使ったペース走練習の方が、“ペース感覚がつかめた”“自分でペースメイクするよりも練習が楽に感じた”という意見が多かった。また、全員が下部LEDについて見やすかったという回答だった。

現在、ペースの把握という点では、GPS情報を受信できるGPSウォッチが販売されており、ランナーに広く浸透している。しかし、GPSウォッチはロードで活用はできるが、トラックなどの小さい周回走での場合は精度が追い付かない。あくまでも走っている自分のペースを確認するための機能であり、今回のドローンペース走で行ったようなトラックレースを想定した練習は不可能である。

4. ドローンを陸上競技に活用する際の課題

ここまで、ドローンの利便性や陸上競技における活用について論じてきたが、実はいつでもどこでも誰でも気軽に飛ばせるというわけではない。

一つ目の課題は法的問題である。航空法により、バッテリーを含む重量が200g以上のドローンの場合、飛行に際して制限がかかる。また、飛行禁止区域や承認が必要となる飛行方法などが定められており、それらの手続きをしなければ飛ばすことができないのである。(国土交通省 <https://www.mlit>.)

go.jp/common/001303818.pdf)

本研究においては、機体の登録・許可申請までを行った上で使用しているが、はじめの申請から許可までには時間がかかり、すぐに飛ばすことはできなかった。航空法も厳しく、残念ながらロードでの活用や、大会での活用は現行法では不可能である。

二つ目の課題は、ドローンは自然環境の影響を受けるとのことである。雨天の場合、飛ばすことはできず、また、強風時や砂浜などでは落下の危険性が高まるため、推奨されていない。利用の前に天候を確認しなければならない。

三つ目の課題は、連続飛行可能時間である。機体のスペックにあるように一つのバッテリーにつき、最大飛行時間は31分である。もし、長距離での活用を本格的に考えるならば、30分前後の飛行時間は十分とは言えないだろう。

5. まとめと今後の展望

本研究では、陸上競技指導へのドローン活用方法の検討を目的とした。短距離種目では、曲走路疾走中の走者をドローンの自動追従機能で空撮することで、一般的なパンニング撮影よりも多くの情報を直感的にフィードバックでき、指導に役立てることができた。

フィールド種目では、回転動作の多い走高跳や回転動作を伴う投てき種目の空撮から、同様な結果が得られた。

長距離種目においては、ドローンを撮影という方法ではなく、自動航行するドローンを追う形でペース走を行うという実験を行った。誤差は数秒あったものの設定ペースにほぼ近い形でペース走を行うことができた。

課題としては、許可申請までの手続きがあることから、思い立ったらすぐに飛ばすという使い方はできないので、事前に活用方法について計画を立てた上で使用することが必要ということである。難点はあるが、選手にとって一般的な撮影映像と比較して、一目瞭然な点は大きい。

以上のことから、陸上競技指導におけるドローンの活用方法について、概ね有効であると考えられる。

ドローンを活用することによって、空撮による指導、自動航行でペース走を実現させたことは、陸上競技の指導における新たな試みとしては良い事例になったと考えている。しかし、ドローンペース走については、空撮のための自動航行を本来の目的にはないペース走への活用に転換して行ったものである

ことから、設定の微調整が煩雑であった。今後、本来の目的としてスポーツの場面で利用することを主としてプログラムが構築されてゆけば（例えば専用アプリの開発など）、ドローンの更なる活用場面が広がると考えられる。私自身も今後は、400mや400mHのスタートからフィニッシュの走行軌跡を分析するなど、ドローンを活用した研究など、様々な方法で試してみたい。

近い将来、さらなる発展を遂げたドローンの開発が進み、多様な視点での研究・動作解析が行われることで新しいスポーツの未来が展開されることに期待したい。

6. 参考文献

- ESPN スポーツ放送初のドローン中継を実施
<https://www.drone.jp/news/20150128130522.html> (2020年1月17日閲覧)
- MAVIC2 仕様について
MAVIC2 ユーザーマニュアル p61-p64
- MAVIC2 機体の制御について
MAVIC2 ユーザーマニュアル p43
- 石村 和博 (2017) 陸上競技曲走路疾走における左右ステップの非対称性に関するバイオメカニクス的研究 中京大学 博士論文 :8 - 11
- 小賦 肇 (2018) 陸上競技跳躍種目における指導法について : ICT 機器を用いた跳躍種目の指導法 名桜大学総合研究 (27) : 73-79
- LITCHI ログインページ フライトプラン作成
<https://flylitchi.com/hub> (2020年1月17日閲覧)
- 国土交通省 航空局による無人航空機ガイドライン
<https://www.mlit.go.jp/common/001303818.pdf> (2020年1月17日閲覧)
- DJI 安全飛行フライトマップ
<https://www.dji.com/jp/flysafe/geo-map> (2020年1月17日閲覧)