Journal of High Performance Sport 4(2019)120-126

事例・症例報告

ビデオフィードバックシステムを用いたスキージャンプ支援

The support for Ski Jumping using video feedback system

三浦智和 [1)], 清水潤 [1)]

Tomokazu Miura [1)], Jun Shimizu [1)]

Abstract: This paper describes a support mechanism for the sport of Ski Jumping which comprises a video feedback system. In this system, once recorded, the videos (10MB each) were stored in the Eye-Fi card, which is an SD card that is compatible with Wi-Fi communication. The videos were automatically transferred to the coach's computer. Once transferred, the videos were detected and compressed by the JISS Encoder. As a result, the sizes of the video files were reduced (3MB each). The compressed video files were then uploaded to Dropbox using a mobile hotspot connection. Then, they were automatically downloaded to the athlete's computer, where they were played using the GOM Player. When multiple athletes wanted to watch the videos simultaneously, the videos were delivered using the Air Video Server to each of them. The athletes were then able to watch the videos on their tablets. In this video feedback system, a 10-second video was transferred to the athlete's computer in about 40 seconds. The Japanese women's national Ski Jumping team and the national Nordic Combined team used this system for 550 days and transferred 24,081 video files in the 4 years between the XXII Olympic Winter Games in Sochi and the end of the 2017-2018 season.

Key words： Ski Jumping, video feedback system, Wi-Fi , automation

キーワード：スキージャンプ、ビデオフィードバックシステム、無線ネットワーク、自動化

[1)] 国立スポーツ科学センター

[1)]Japan Institute of Sports Sciences

E-Mail : tomokazu.miura@jpnsport.go.jp

受付日：2019 年 4 月 15 日

受理日：2019 年 9 月 5 日

Ⅰ．はじめに

競技力の向上を目的としてアスリートやコーチは日々動作や姿勢の改善のためにビデオを活用している。相原らが実施したアンケートによると、国内大会出場レベルで 69.4%、国際大会出場レベルで 92.4% のコーチやサポートスタッフがビデオ関連機器を利用しており[1]、競技現場でビデオフィードバックが多く行われていることを示している。また Fukkink ら[3]や Hazen ら[4]の研究では、技術の獲得や改善にビデオフィードバックは有効な方法であると報告しており、アスリートやコーチは競技力向上においてビデオフィードバックを通して多くの恩恵を受けていると考えられる。スキージャンプにおいては踏切動作、飛型が競技結果につながる重要な要素であることから[2),8)]、これらの動作、姿勢確認を目的として練習や試合本番でビデオによるフィードバックが行われている。国立スポーツ科学センターでは第 22 回オリンピック冬季競技大会（ロシア・ソチ、以下ソチオリンピック）へ向けてビデオフィードバックシステム（以下ソチ向けビデオフィードバックシステム）を構築し、スキージャンプ女子ナショナルチーム及びノルディック複合ナショナルチームへ提供した。スキージャンプではテイクオフ動作を行うカンテ部分の横にあるコーチボックスや飛型を確認できるジャッジタワーからビデオ撮影が行われるが、アスリートはジャンプ後すぐ自分の踏切動作や飛型を確認したいため、撮影場所から閲覧場所まで 100m 以上の距離を 40 秒程度でビデオ転送する必要がある。ソチ向けビデオフィードバックシステムは指向性アンテナを用いた無線アクセスポイントを利用して練習会場や試合会場に Local Area Network（LAN）を構築し、このネットワークを介してビデオの転送を行った[5]。

ソチオリンピック後も両チームはソチ向けビデオフィードバックシステムを利用して練習や試合でビデオフィードバックを行ったが、いくつかの会場で課題が生じた。ソチ向けビデオフィードバックシステムは会場内に指向性アンテナを用いた LAN を構築してビデオの転送を行うが、指向性アンテナの特性上アンテナ間に遮蔽物があると通信が遮断されてしまう。会場によっては撮影場所と閲覧場所間の見通しの良さを確保することが難しい場合があり、ソチ向けビデオフィードバックシステムが機能せずビデオフィードバックを行えない場合があった。また、アスリートが海外遠征する際、所属チームのコーチがいつも帯同できるわけではない。海外遠征時においても国内の練習と同様に所属チームのコーチによるアドバイスをアスリートにしたいという要望を受け、遠隔コーチングを可能にする仕組みの必要性が出てきた。加えて、チームにはビデオ専任スタッフはいないため、コーチやトレーナーが手間をかけずにシステム利用できるということが重要となり、機器やコンピュータの電源を入れるだけで本システムが利用可能になる必要がある。

本稿では第 23 回オリンピック冬季競技大会（韓国・平昌、以下平昌オリンピック）へ向けた上記課題や要望を解決するための新たなビデオフィードバックシステムの構成や運用について報告する。

Ⅱ．ビデオフィードバックシステムの構成

1．全体構成

本システムではコーチ用コンピュータとアスリート用コンピュータ間のデータ通信はインターネット上にあるクラウドストレージを経由させる仕様に変更した。インターネットを利用することで遮蔽物により LAN が構築できないことを防ぎ、クラウドストレージを利用することで所属コーチがいつでもアスリートの練習、試合映像を閲覧することができた。Figure 1 にシステム全体構成を示す。ビデオカメラで撮影されたビデオは Wi-Fi 通信に対応した SD カードである Eye-Fi カード（Eye-Fi 社、アメリカ）に保存された。Eye-Fi カードに保存されたビデオは、コーチ用コンピュータに設置された Eye-Fi 用の無線 LAN アダプタを経由して転送され、Eye-Fi カードからの受信に対応したアプリ Keenai（リコー社、日本）を用いて自動で受信した。受信したビデオは JISS Encoder

（国立スポーツ科学センター、日本）が検知し自動でサイズの圧縮が行われた。圧縮されたビデオファイルはモバイル Wi-Fi を利用して自動で Dropbox（Dropbox 社、アメリカ）へアップロードされ、自動でアスリート用コンピュータへダウンロードされた。ダウンロードされたビデオファイルは Gom Player（Gom & Company 社、韓国）で再生されるか、多くのアスリートが同時に閲覧したい場合は Air Video Server（Inmethod s.r.o. 社、スロバキア）によってビデオの再配信がおこなわれ、複数のタブレットで閲覧可能にした。このインターネットを介したシステムでは、10 秒のビデオ（10MB）を撮影後、コーチ用コンピュータでビデオサイズの圧縮が行われ（3MB）、約 40 秒間でアスリート用コンピュータへ転送が完了した。本システムは全てバッテリーで駆動し、ビデオカメラやコンピュータの電源を入れるだけで本システムに関わる全てのプログラムが自動で起動し、システム利用が可能となった。

2．ビデオカメラ

ビデオカメラは両チームが所有するものをそのまま利用した。コーチはフレームレートが 30fps や 60fps のノーマルスピードモード、またはそれ以上のフレームレートであるハイスピードモードで撮影した。ノーマルスピードモードは地上デジタル放送画質（解像度：1440 × 1080px）、ビットレートは 5Mbps で撮影できる録画モード、ハイスピードモードでの撮影では SD 画質（解像度：640 × 480px）とすることでファイルサイズを小さくし、画質よりも後述の転送時間を短くすることを優先した。記録媒体には無線 LAN 対応 SD カードである Eye-Fi カードを利用し、撮影終了後即座にコーチ用コンピュータへ自動でビデオを転送させた。

3．コーチ用コンピュータ

Eye-Fi カードの Wi-Fi の電波出力は強くないため、安定した通信を行うためにはコーチ用コンピュータはできるだけビデオカメラの近くにある必要がある。そのため、コーチボックスにコーチ用コンピュータを設置することになる。コーチボックスは常に屋外に設置されているため、防塵防滴に対応したコンピュータが必要となる。そのためタフブック CF-19（パナソニック社、日本）を利用した。タフブックは -10℃～ 50℃での動作が可能で[7]、IP65 準拠の防塵・防滴設計となっており[6]、スキージャンプの過酷な環境での利用に適している。冬場では気温が -20℃以下になることがあったため、タフブックに使い捨てカイロを貼ることでバッテリーを温めコンピュータが起動しないことを防いだ。

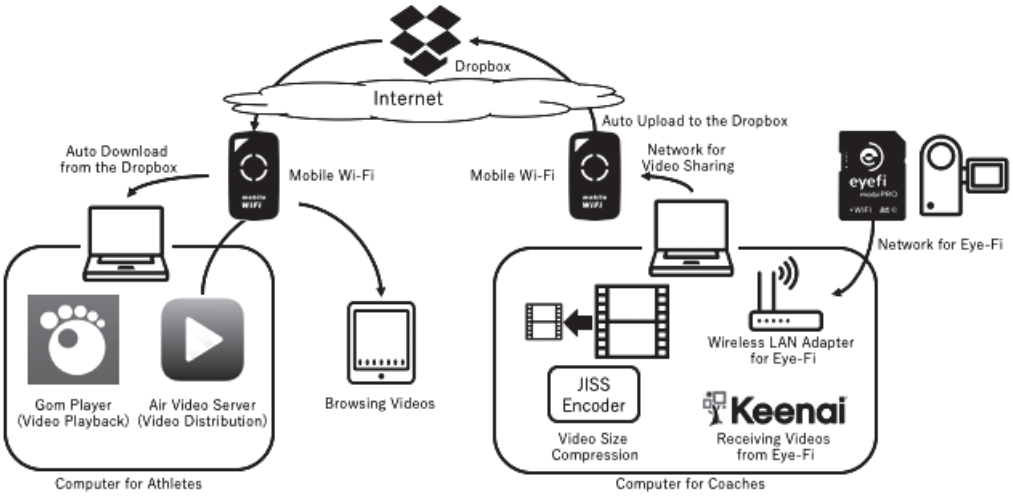

Figure1. System configuration

コーチ用コンピュータはビデオカメラからの通信と Dropbox への通信と 2 つの通信を行う必要がある。この 2 つの通信を同じネットワーク上で行うとネットワーク帯域の奪い合いとなり、結果としてビデオの転送に時間がかかる。そのためコンピュータに無線 LAN アダプタ WDC-867DU3S（エレコム社、日本）を設置し、Dropbox の通信とは別にビデオカメラからのビデオ転送専用の Wi-Fi ネットワークを構築することでビデオの転送時間を短くした。

Eye-Fi カードからビデオを自動受信するために純正ソフトウェアの Eye-Fi Helper（Eye-Fi 社、アメリカ）を利用し、Eye-Fi カードの販売終了後はそれを引き継いだ Keenai を利用した。Eye-Fi Helper 、Keenai はビデオ受信機能だけでなく Eye-Fi カードのネットワーク情報など各種設定を行うために利用した。これらのアプリケーションを利用し Eye-Fi カードから撮影したビデオファイルをコンピュータが受信すると、名前が撮影日のフォルダが自動作成され、ビデオファイルはすべてそのフォルダ内へ自動転送された。

撮影場所と閲覧場所間に遮蔽物があると LAN を構築できないことを解決するため、本システムではモバイル Wi-Fi を用いてインターネットに接続しクラウドストレージを経由してファイル転送を行った。インターネット接続にモバイル Wi-Fi を利用したが、スキージャンプのワールドカップ開催が多いヨーロッパ諸国のモバイル通信規格は 3G から 4G が主流となっている。仕様上 3G の場合は最大 15Mbps、4G の場合は最大 160Mbps で通信することができるが、通信速度は基地局までの距離など通信環境に依存し、理論値通りに通信できないことが多い。そこで本システムではアスリートがビデオ閲覧したいタイミングまでにインターネットを経由したビデオファイル転送が完了するよう、ビデオカメラの設定でファイルサイズを小さくするだけでなく、コーチ用コンピュータに設置した JISS Encoder でビデオの圧縮を行い、ビデオサイズを更に小さくした。Keenai で設定されたフォルダを JISS Encoder が監視し、新しいビデオファイルが転送されると自動でエンコード処理が開始された。ノーマルスピードのビデオは解像度を HD 画質（解像度 :1280 × 720px）、ビットレートを 2.5Mbps、ハイスピードビデオでは解像度を SD 画質、ビットレートを 1.0Mbps とし、スキージャンプの動作確認において閲覧に支障のない画質を担保しながら、モバイル Wi-Fi を利用した転送時間を短くした。また、Mac やモバイル機器での閲覧やその後の二次利用を踏まえ、ビデオは MP4 形式に変更された。そのビデオファイルは Dropbox デスクトップアプリが監視しているフォルダへ自動で移動され、Dropbox へ自動アップロードされた。

４．クラウドストレージ

代表チームの海外遠征に帯同できないコーチから、大会期間中にアスリートのビデオを見てアスリートにアドバイスをしたいという要望に対して、アスリート用コンピュータをインターネット上に公開する方法が考えられるが、セキュリティの問題や通信の安定性を考慮すると現実的ではない。そのためコーチ用コンピュータとアスリート用コンピュータとの間の通信経路にクラウドストレージを経由することにし、海外遠征に帯同できないコーチはこのクラウドストレージへアクセスすることでアスリートのビデオを確認できるようにした。クラウドストレージは多くの選択肢があるが、デスクトップアプリが提供されており、自動同期が可能な Dropbox を採用した。

５．アスリート用コンピュータ、タブレット

アスリート用コンピュータはコーチ用コンピュータと同様タフブックを利用し、Dropbox デスクトップアプリを用いて自動で Dropbox からビデオファイルのダウンロードが行われた。ビデオ再生アプリケーションにはコマ送り再生ができ、ソフトウェアの動作が遅くならず、操作のショートカットキー設定ができる GOM Player を採用した。複数のアスリートが同時にビデオの確認ができるよう、Air Video Server をタフブックに設置し、

タフブック内の指定フォルダに保存されているビデオを配信できるようにした。 アスリート用コンピュータと同じモバイル Wi-Fi に接続したタブレットから Air Video Server へアクセスすることでビデオ閲覧を可能にした。

Ⅲ．システム運用と利用実績

本ビデオフィードバックシステムはスキージャンプ女子ナショナルチーム及びノルディック複合ナショナルチームによって合宿や試合拠点に運搬され、両ナショナルチームのすべての国内、海外合宿、ワールドカップ全戦、世界選手権、平昌オリンピックで活用された。両チームの本システムの利用実績を Table 1 に示す。ソチオリンピックから 2017-2018 年シーズン終了までの 4 年間で、スキージャンプ女子チームにおいて本システムの利用日数は 172 日、フィードバックしたビデオファイル数は 6,832 本、ノルディック複合チームでは、利用日数が 378 日、フィードバックしたビデオファイル数は 17,249 本であり、両チームの合計は利用日数が 550 日、フィードバックしたビデオファイル数は 24,081 本となった。ノルディック複合チームではコーチボックスからの踏切動作の撮影だけでなく、ジャッジタワーからの飛型撮影も行っていたため、転送されたビデオ本数は多くなった。撮影されたビデオはコーチボックスでコーチが再確認するために閲覧されたり（Figure 2）、ジャンプ後リフト下などでアスリートが自身のパフォーマンスチェックのために利用された（Figure 3）。

システム運用面では、コーチやトレーナーが電源を入れるだけで本システムを利用できるよう、

Table 1. Number of system usage
(in four years between the Sochi Olympic and the 2017–2018 season)

Teams	Number of usage days	Number of transferred video files
Women's Ski Jumping	172	6,832
Nordic Combined	378	17,249
Total	550	24,081

Figure 2. Video browsing at the coach box

Figure 3. Video browsing around the lift

各種アプリケーションが自動起動するセッティングを行った。オフシーズンになると定期的にシステムの動作確認やコンピュータのディスク整理などシステムメンテナンスを行った。また競技現場でシステムトラブルなどあればすぐに遠隔でフォローできるようにリモートデスクトップソフトウェアである TeamViewer（TeamViewer GmbH 社、ドイツ）を利用して遠隔サポートを行った。

2017-2018 年シーズン終了後のヒアリングで、ノルディック複合、スキージャンプ女子のコーチからは「ビデオフィードバックシステムを活用することで、ジャンプトレーニング・競技会における技術指導の質向上につながった」、「海外の試合中でもジャンプごとすぐに振り返りができ、良いジャンプへ修正する足がかりになった。結果アスリートたちの成績にもつながった」など、システムに対して好意的なコメントをもらうことができた。

アスリートたちからもジャンプトレーニングの中でジャンプ毎にビデオを随時確認し、自身の課題に対してすぐに振り返りながら次のジャンプに臨めることや、オフィシャルトレーニングや試合時など少ない試技数の中でいかにジャンプ台に合わせるかという状況においてビデオシステムは有用であるとコメントをもらった。またアスリート用コンピュータのビデオ再生ログから、試合のトライアルラウンドで悪いジャンプをしたときは、そのジャンプのビデオは見ずに、前日のオフィシャルトレーニングで良かったジャンプを確認し良いイメージを持ってスタートするなど、アスリート毎に工夫を凝らしている様子も見られた。加えて宿舎などでは過去の良かったジャンプの振り返りや、タブレットのアプリを利用して 1 年前の同じジャンプ台のビデオと当日のビデオを 2 画面比較してパフォーマンスの確認をしていると報告を受けた。

Ⅳ．まとめ

スキージャンプで利用することができるビデオフィードバックシステムをビデオカメラ、無線 LAN 対応 SD カード、オートエンコーダ、モバイル Wi-Fi、ファイル転送アプリケーション、防塵防滴設計コンピュータ、クラウドストレージを用いて構築し、スキージャンプ女子、ノルディック複合ナショナルチームの合宿、試合で活用された。今後の課題として、販売が終了した Eye-Fi の代替となる Wi-Fi 機能付き SD カードを検討しシステムに組み込むことや、システムを自動化するためのプログラムが複雑なためシンプル化を図り、メンテナンスの容易さを含めたより安定したシステムにすることが挙げられる。

また平昌オリンピック後にスノーボードハーフパイプ､スロープスタイル･ビッグエアの両ナショナルチームから同様のリクエストを受け、第 24 回オリンピック冬季競技大会（中国・北京）へ向けたサポートを始めた（Figure 4）。2020 年東京で開催される第 32 回オリンピック競技大会で採用される新種目の中で、スケートボードや BMX など撮影場所と閲覧場所が離れてしまう競技では同様のニーズがあると思われる。ここで培った技術や運用経験をさまざまな競技へ横展開をしていければと考えている。

文献

1）相原伸平 , 杉山恵玲奈 , 澤田みのり , 松本実 , 伊藤浩志 . 競技スポーツの実践現場における ICT 活用 .　通信ソサイエティマガジン ,46: 98-104, 2018.

2）Denoth J, Luethi SM, and Gasser HH. Methodological Problems in Optimization of the Flight Phase in Ski Jumping. Int J Sport Biomech, 3（4）: 404-418, 1987.

3）Fukkink RG, Trienekens N, and Kramer LJC. Video Feedback in Education and Training: Putting Learning in the Picture. Educ Psychol Rev, 23（1）:45–63, 2011.

4）Hazen A, Johnstone C, Martin GL, and Srikameswaran S. A Videotaping Feedback Package for Improving Skills of Youth Competitive Swimmers. Sport Psychol, 4（3）: 213-227, 1990.

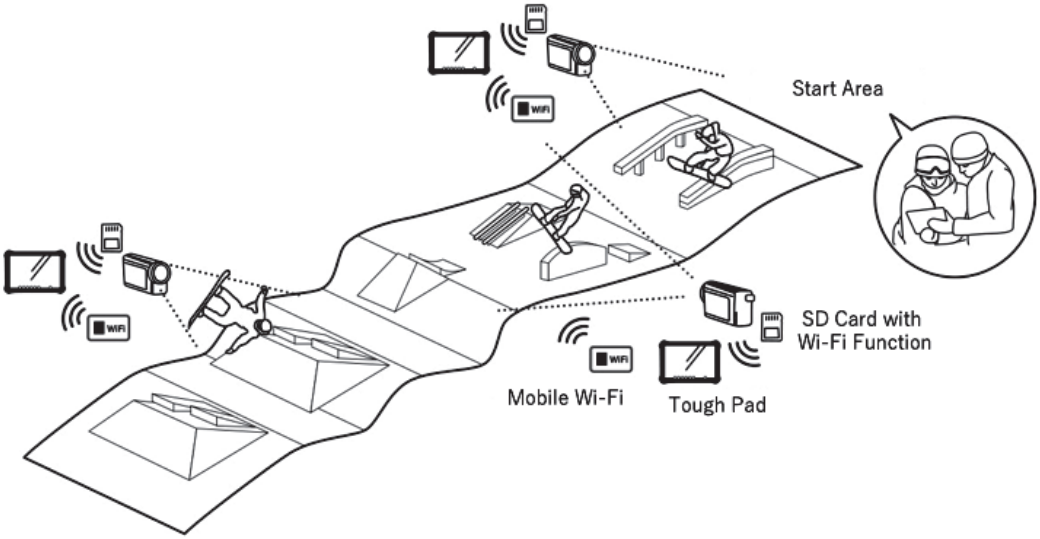

Figure 4. Application image of the video feedback system for Snowboard slopestyle

5）三浦智和 . 特集　トップスポーツでの映像システム活用　オリンピックのための情報処理 .　情報処理 , 11: 1221-1227, 2014.

6）パナソニック . 頑丈（タフ）モバイル TOUGHBOOK CF-31/CF-19 を発売 . https://news.panasonic.com/jp/press/data/jn100902-1/jn100902-1.html（2019 年 4 月 12 日）

7）パナソニック . TOUGHBOOK 19 の主な仕様 . https://panasonic.biz/cns/pc/doc/catalist/pdf/19AB.pdf（2019 年 4 月 12 日）

8）Virmavirta M and Komi PV. The Takeoff Forces in Ski Jumping. Int J Sport Biomech, 5（2）: 248-257, 1989.