

# KUINS ニュース No. 70

京都大学 情報環境機構 KUINS 運用委員会

<http://www.kuins.kyoto-u.ac.jp/>



原子炉実験所 (左) と iPS 細胞研究所 (右)

## 目 次

SINET4 サービス開始に関するお知らせ	836
平成 22 年度の耐震改修・建物新営等工事予定について	836
平成 22 年度「KUINS の高速化」事業展開について	836
高速無線通信を用いた京大・東大対校ボート競漕大会の手作り実況中継放送	837
「人事・給与の申請閲覧等」の IC カード対応について	845
学術認証フェデレーション「学認」によるシングルサインオンサービスの紹介	846
全学メールと全学教職員グループウェア (Notes/Domino)	846
電子ジャーナル及び公開されているコンテンツの適正な利用について	847
家庭での個人利用に関するフリーのウイルス対策ソフトの紹介	848
無線 LAN 基地局に関するお知らせ	849
熊取 原子炉実験所の無線 LAN アクセスポイントについて	850
iPS 細胞研究所新棟の無線 LAN 接続環境の提供について	850
平成 22 年度の新サービスについて	851
PPTP による VLAN 固定接続サービスの案内	852
ライブドア公衆無線 LAN サービス「livedoor Wireless」の学内実証実験について	853
KUINS 会議日誌	854
お知らせ	854

## 高速無線通信を用いた京大・東大対校ボート競漕大会の手作り実況中継放送

蚊野 浩

京都産業大学 コンピュータ理工学部 教授  
京大ボート部 OB

前川 寛

京都大学 大学院人間・環境学研究科 教授  
京大ボート部 OB 京大ボート部部长

中村 陽一

東洋建設株式会社 部長  
京大ボート部 OB 京大濃青会理事

### 1. はじめに

京都大学ボート部と東京大学ボート部は、毎年交互に滋賀県瀬田川と埼玉県戸田オリンピックコースで京都大学・東京大学対校競漕大会を開催している。今年は6月20日(日)に瀬田川において第61回大会が開催された。レースは自然河川瀬田川の3,200mコースを、京大と東大の2回生トップクルー2艇で競い合う試合で、男子エイト、男子フォア、女子クオドルブル、医学部フォア、OBレースが行われる。この伝統ある競漕大会には毎年、両大学総長・副学長、OBをはじめ多くの方々が応援・観戦に来てくださるが、屈曲した河川であり、橋梁にも遮られて、3,200m、十数分におよぶ熱戦のうち、観客は目の前を通り過ぎる約300m、1分間程しか見ることができない。このような欠点を補うため、今回、京大ボート部では、スタートからゴールまでレース全体を、伴走艇(モーターボート)や橋上・川岸等合計6カ所からビデオカメラで撮影し、最先端高速大容量通信 WiMAX と映像通信ソフトを活用して無線送信し、コース中程の大会本部(京大ボート部合宿所)に設置した大型ディスプレイに実況映像中継を行うと共に、インターネットを通じて全国の部員家族やOB、ボート愛好家へも映像配信を行った。

この映像中継は市販の民生用機器を組み合わせて行ったものであり、機器やパソコン、通信システム、ソフトの技術的進歩により、個人レベルでもテレビ中継が可能であることを立証した。世界中がワールドカップを観戦しているのと同じ状況を、個人的なライブイベントで実現することができるようになってきたのである。

この技術はボートやマラソン等の長距離スポーツ大会のみならず、リアルタイムでの遠隔地からの練習指導、また学術面でもフィールド調査における遠隔映像撮影や、実験・実習の遠隔地からの教育指導にも個人レベルで応用可能と考えられるので、ここでその技術的内容を紹介することにする。

本計画は新しい技術活用として、新聞[1]や京大ホームページ[2]で報道・広報された。また、京大オープンコースウェア OCW に録画映像のダイジェスト版[3]が掲載され、全映像の録画は京大ボート部ホームページ[4]で見ることができる。

### 2. 高速大容量無線データ通信技術

インターネット映像配信技術が容易に利用できる環境になってきたが、映像配信には高速で大容量のデータ通信経路が必要である。インターネットへのアクセス回線としてはFTTH(Fiber To The Home)かADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)を用いることが一般的であるが、有線であるため屋外ライブイベントのインターネット映像中継には、撮影可能な中継地点の選択に大きな制約がある。無線通信としては携帯電話用の標準的な3G移動通信技術(W-CDMA, CDMA2000)があるが、映像配信用回線としては速度が不十分である。最近、より高速で大容量の無線通信技術としてWiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)やHSPA(High Speed Packet Access)のサービスが開始された。これらは、仕様上の上り速度が

1Mbps を優に超えている。この速度は標準ビデオ映像を MPEG4/AVC (H.264) で圧縮伝送したとき、大きな画質劣化なく送ることができる速度である。これら最新の高速大容量無線データ通信技術をインターネット映像配信サービスに適用することで、ライブイベントを、非常に安価に映像中継することが可能になる。

2010年6月時点でサービスが提供されている高速無線データ通信技術は WiMAX と HSPA (商品名: FOMA ハイスピード, EM モバイルブロードバンド) である。これらの最高通信速度を表1に示す。

表1. 高速大容量データ通信技術の比較

サービス名	下り最高速度	上り最高速度
WiMAX	40Mbps	10Mbps
FOMA ハイスピード	7.2Mbps	5.7Mbps
EM モバイルブロードバンド	21Mbps	5.8Mbps

今回のボート競技のインターネット映像中継では、この中で通信速度が最も速く、しかもサービス提供会社である UQ コミュニケーションズ株式会社から支援を受けることが可能であった WiMAX を採用した。

### 3. WiMAX 映像中継の概要

第61回京都大学・東京大学対校競漕大会の会場略図を図1に示す。会場は JR 東海道線の瀬田川鉄橋下をスタートとする全長 3,200m (2 マイル) の自然河川である。大会本部はスタートから下流約 1,000m の地点に位置しており、瀬田唐橋と東海道新幹線橋梁との間、300m のみ生のレースを観戦することができるが、残り 90% のレースは見ることはできない。

図1において UL:2.0Mbps などとあるのは、UQ コミュニケーションズ社の Web サイトに記述されている WiMAX アップリンク速度の実測値である。で示した「A:国道」～「E:ゴール」は、設置した5カ所の固定撮影地点であり、「伴走艇」はそれに加えて、スタートからゴールまでレースに伴走したモーターボートからの移動撮影カメラを示す。

固定撮影地点と伴走艇の計六カ所に配備する撮影・送信システムは、ビデオカメラ、ノートパソコン、カメラとノートパソコンを接続するビデオキャプチャーおよび WiMAX 端末で構成される。撮影・送信システムから WiMAX で送信される映像は、UQ コミュニケーションズ株式会社の WiMAX 基地局で受信され、さらにインターネットを介して大会本部に設置したノートパソコンによって受信される。受信用ノートパソコンは2台用意し、2カ所の撮影地点からの映像を同時に受信可能とした。2カ所からの映像をオペレータの判断で一方を選択し、大会本部の艇庫屋上観覧席に設置した4台の46インチ大型ディスプレイに表示した。4台のディスプレイには同じ映像を表示した。また、この映像をライブ配信用ノートパソコンに取り込み、フリーの配信ソフトウェアである Ustream を用いてインターネットライブ配信をおこなった。

撮影点から本部受信用パソコンへの映像通信には「Skype ビデオ」を用いた。「Skype ビデオ」は1対1のテレビ電話機能を提供する無料ソフトウェアである。映像中継は伴走艇からの映像と「A:国道」からの映像を、2台の受信用パソコンで受ける状態からスタートする。伴走艇からの映像は全レースコースにわたって接続を維持した。一方、5カ所の固定撮影点からの映像は、レースの進捗に応じて順次切り替えた。伴走艇と固定撮影点の2つの映像から、より映像品質が優れていると判断されるものをスイッチで選択し、ディスプレイに表示した。

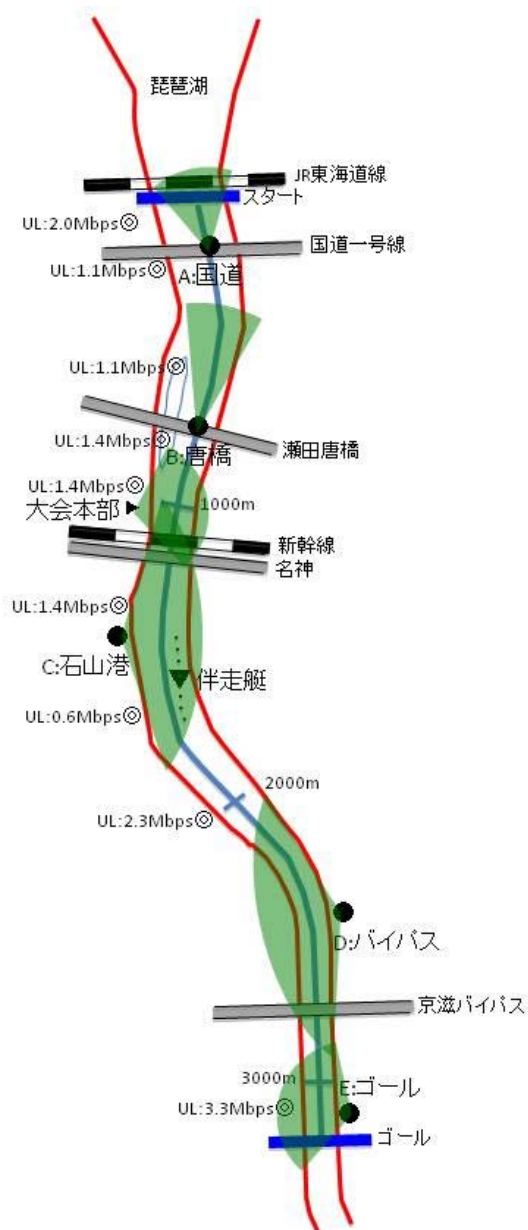


図 1. 対校競漕大会の会場と撮影地点および各所でのアップリンク (UL) 速度

## 4. WiMAX 映像中継システム

### 4.1 WiMAX のアップリンク速度と実データ転送速度および映像品質

WiMAX 基地局に近接し、見通せる地点のアップリンク速度は 3.0Mbps を超える。逆に、アップリンク速度が 1.0Mbps を下回る地点では、電波のフェージングなどの影響もあり、実際のアップリンク速度は不安定になっているものと想像される。今回の映像中継システムへの応用においてはアップリンク速度が高速かつ安定

していることが重要であるため、概ね 2.0Mbps 以上の速度を有する地点を探し、固定撮影点に設定した。10m 程度の移動や 2m 程度高いところへ移動するだけで、アップリンク速度が大きく変わることもあった。

撮影地点のパソコンから本部のパソコンへの送信に用いた映像通信ソフト「Skype ビデオ」は映像圧縮に On2 社の VP7 技術を採用しているとの情報がある [5]。VP7 の詳細は不明であるが、最新の映像圧縮技術の一つである MPEG4/AVC (H.264) と同程度の映像圧縮性能を有すると考えられる。標準ビデオのデジタル映像 (640 画素 × 480 画素) を MPEG4/AVC で圧縮した時、データ転送速度と映像品質との関係は、概ね表 2 のようになる。したがって WiMAX 映像中継において、1.0Mbps 程度に高速であることが望ましく、少なくとも、500kbps 程度は確保する必要がある。なお、Skype ビデオは映像のリアルタイム性を確保するために、なんらかの方法で動的に映像圧縮パラメータを変更し、実データ転送速度を制御している。

表 2. 標準ビデオ映像を MPEG4/AVC で圧縮した場合のデータ転送速度と映像品質の関係

データ転送速度	100kbps 以下	500kbps 前後	1.0Mbps 前後
映像品質	映像がモザイク状になり、コマ送りが顕著である。	動きが少ない映像の品質は良いが、動きが大きい映像ではモザイクやコマ送りが発生する。	動きが大きい映像でも、ほぼ自然に再現できる。

アップリンク速度は WiMAX 端末と基地局間の最高データ転送速度である。一方 Skype ビデオはカメラ映像をパソコンに取り込み、取り込んだ映像を圧縮し、圧縮されたデータを WiMAX 端末と基地局間で転送する。さらに、基地局からデータはインターネット内を流れ、最後に受信側パソコンで映像がデコードされ、ディスプレイに表示される。これだけの処理に要する速度が Skype ビデオの実データ転送速度になる。実データ転送速度の上限はアップリンク速度であるが、実際には、送信側パソコンと受信側パソコンの性能に大きく依存する。最終的に構築したシステムによる中継拠点ごとの実データ転送速度は、アップリンク速度の 1/4 程度になっていたようであり、電波状態の良い場所での実データ通信速度は 500kbps ~ 1.0Mbps であった。なお、実データ転送速度の計測にはフリーソフトである「TCP Monitor Plus」[6] を用いた。

## 4.2 映像送受信システムの機器構成

開発した映像中継システムは撮影・送信システムと受信・表示・配信システムで構成される。それらを構成する機器と機器選定における注意点を記述する。

撮影・送信システムは、図 2 に示すように、ビデオカメラ、ビデオキャプチャー、送信用パソコン、WiMAX 端末、三脚、ポータブル電源で構成される。各機器の具体的な製品名、機器選定における注意点などを表 3 に記述する。

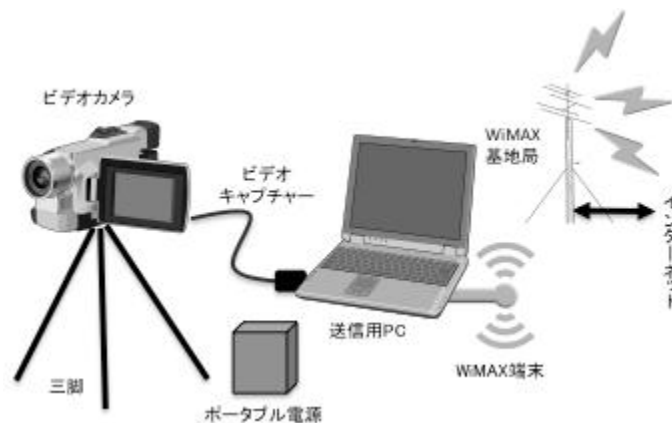


図 2. 撮影・送信システム

表 3. 撮影・送信システムの機器構成と選定における注意点

機器	使用した製品	選定における注意点など
ビデオカメラ	Panasonic HDC-TM70, Sony HDR-HC3, Sony HDR-HC1 など, 民生用および業務用ハイビジョンビデオカメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ピンジャックのビデオ出力端子をビデオキャプチャーに接続する。</li> <li>・ポート中継にはズーム倍率の大きな機種が必要。</li> <li>・映像をメディアに記録するならば予備バッテリーも必要。</li> <li>・頻繁なズームやパンニング等, 大きなカメラワークは画質劣化を招くため, 撮影には熟練が必要である。</li> </ul>
ビデオキャプチャー	プリンストン PCA-DAV2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・この製品は VTR テープをデジタル化するための装置で, 撮影・送信システムへの利用は目的外使用である。</li> <li>・類似品のなかでこの製品が最も安定して動作した。</li> </ul>
送信用 PC	HP Probook 4510s, Panasonic Let's Note S9 などのノート PC	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バッテリーと CPU, 画像処理能力で良い性能が必要。左記 PC の CPU は Celeron Dual Core 1.6GHz, Core i5 2.4GHz。</li> <li>・CPU 性能が劣ると, 映像品質が大きく劣化する場合がある。</li> </ul>
WiMAX 端末	UD01NA, UD01SS	<ul style="list-style-type: none"> <li>・端末と基地局の間に人体を挟まないなど, 電波状態を良好に保つことが重要。</li> </ul>
三脚		<ul style="list-style-type: none"> <li>・手ぶれは映像品質に悪影響を与えるため, 一般には三脚が必要。</li> </ul>
ポータブル電源	メルテック SG-1000, IP-150	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PC とビデオカメラのバッテリーが切れる事態に備えて, 車載用ポータブル電源を準備した。</li> </ul>

受信・表示・配信システムは, 図 3 に示すように, HUB, 受信用パソコン, 映像信号切換器, 映像信号分配器, 大型ディスプレイ, 映像信号のダウンコンバーター, インターネット配信用パソコンで構成される。各機器の製品名, 機器選定における注意点などを表 4 に記述する。

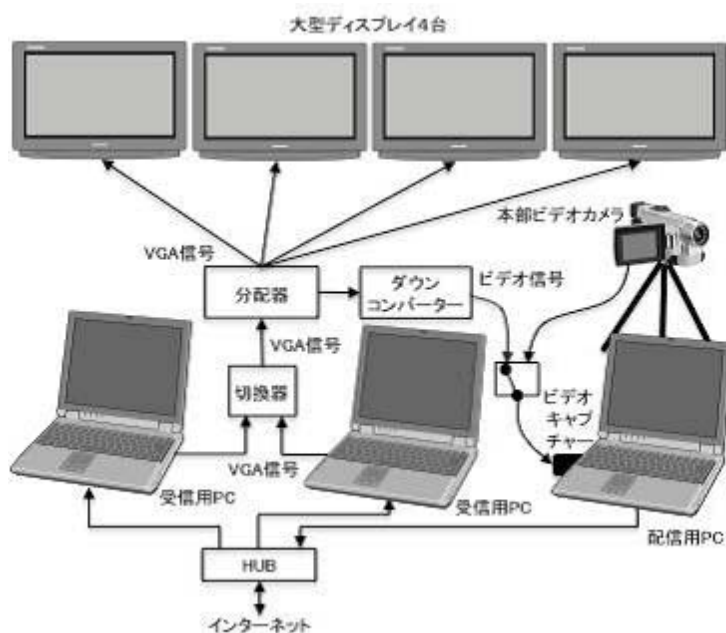


図 3. 受信・表示・配信システム

表 4. 受信・表示・配信システムの機器構成と選定における注意点

機器	使用した製品	選定における注意点など
HUB	Buffalo LSW4-GT-8NP	
受信 PC	MacBook Air, MacBook	<ul style="list-style-type: none"> <li>・左記 PC の CPU は Core 2 Duo .</li> <li>・MacBook の外部映像出力端子を VGA に変換するアダプターを使用 .</li> </ul>
切換器	サンワサプライ SW-CP21V	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機械式 VGA 信号切換器を使用 .</li> <li>・電気式の切換器は外部電源が必要な場合がある .</li> </ul>
分配器	KOWA KD-106	<ul style="list-style-type: none"> <li>・VGA 信号の六分配器 .</li> <li>・長い VGA ケーブルを使用する場合, 安価な分配器では信号が劣化するため不適である . ケーブル補償付の業務用機種が必要である .</li> </ul>
大型ディスプレイ	シャープ 46 インチテレビ など	<ul style="list-style-type: none"> <li>・民生用テレビは PC 接続が可能な機種であっても, 大きな画像サイズ (高い周波数) には対応が難しい .</li> </ul>
ダウンコンバーター	Buffalo SC-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ディスプレイに表示される映像信号を PC に取り込むため, VGA からビデオ信号へのダウンコンバーターを使用 .</li> </ul>
配信用 PC	Lenovo ThinkPad X200	<ul style="list-style-type: none"> <li>・左記 PC の CPU は Core 2 Duo .</li> </ul>

### 4.3 撮影・送信システムの運用

映像送信用パソコンには USB 接続の WiMAX 端末とビデオキャプチャーが接続されている。送信用パソコンの電源投入後、一定の手順に従って WiMAX 端末をパソコンに接続し、次いで、端末を基地局に接続設定する必要がある。また、ビデオキャプチャーも一定の手順で Skype ビデオに接続する必要がある。システム運用終了時には、正しい手順で USB デバイスを切り離れた後、パソコンの電源をオフにする必要がある。これらの手順を誤ると、認識されなかったり、パソコンがフリーズすることがあった。また、ビデオカメラとパソコンのバッテリー持続時間に注意が必要である。送信には通常以上の電力を使用しているようである。実際、撮影・送信システムは連続して 2 時間程度撮影可能であったが、レースは 15 分から 30 分間隔で断続的に実施され、全中継時間は 2 時間を超えるため、撮影が不必要な時間は、できる限り中継システムの電源を落とした。

各撮影地点にはビデオカメラマン 1 名、パソコンオペレーター 1 名、トランシーバーを用いた連絡員 1 名、雨天など緊急時の対応要員 1 名の計 4 名を配置した。本部と撮影地点の連絡は主にトランシーバーを用い、Skype ビデオで通信中はその音声通話を併用した。さらに、緊急時のために個人の携帯電話を準備した。

Skype ビデオによる映像通信については、伴走艇と本部受信用パソコン一台を常時接続とし、もう一台の受信用パソコンでは 5 カ所の固定撮影地点の映像を順次切替えた。伴走艇からの映像は、スタート地点から約 1,500m の石山港入口あたりまでは比較的良好な品質であったが、約 1,500m から約 2,500m までは不安定、約 2,500m からゴールの 3,200m までは品質を持ち直す、という状態であった。全体的には、前半の映像品質が良く、後半は大型ディスプレイに表示するには適さなかった。5 カ所の固定撮影地点からの映像はいずれも良好であったので、伴走艇からの映像が不安定な後半は、固定撮影点からの映像をディスプレイに表示した。

固定撮影点からの映像はレースの進捗に応じて順次切り替える。切換操作を送信用パソコン側から行うことも、本部受信用パソコン側から行うことも可能であるが、送信用パソコンから制御することで、より短時間に切換を完了することができる。また、受信用パソコンからの接続要求に対してビデオ通話にならない事態がしばしば発生したことも、送信用パソコンからの制御を選択した理由である。

### 4.4 インターネットライブ配信

図 3 に示すように、大型ディスプレイに表示される映像信号と同じ VGA 信号を分配器で分配し、ダウンコンバーターでビデオ信号に変換し、ビデオキャプチャーを介してインターネット配信用パソコンに入力した。

この映像を配信ソフトウェア Ustream を用いてインターネットにライブ配信した。また、レース映像中継以外の時間帯には、本部の艇庫屋上に設置したビデオカメラの映像をライブ配信した。この切換は、ビデオキャプチャーへの配線を手作業でつなぎ換えた。実況中継中の最大視聴者は 200 名以上、最終的な合計視聴者は 900 名以上であった。

#### 4.5 雨天など屋外中継への対応

ボート競技は雨天でも実施されることを考慮して、以下の対策を準備した。ノートパソコンを市販の透明ポリプロピレン製の整理ボックスに入れ、さらに透明ビニールシートで開口部を塞ぐことによって雨対策を施した。大型ディスプレイは艇庫屋上で、庇によって雨が避けられる場所に設置した。このような対策をとっても、大雨の場合にはカメラやパソコンに水が入り、映像中継は困難である。最終的な判断として、艇庫上のディスプレイに直接雨が掛かる程度の雨天の場合には、映像中継を中止することとした。

逆に快晴の場合には送信用パソコンのモニタ画面や観覧席の大型ディスプレイが見にくくなることが予想された。送信用パソコンに対しては、雨対策として準備するプラスチックボックスに黒紙を貼付けることで視認性の改善を試みた。大型ディスプレイについては特段の対策はしなかったが、幸い当日が曇天であったため、良好な映像描写環境であった。

#### 5. 実施状況

図 4 に映像中継の実施状況を示す。図 4(a) は艇庫上に設置した受信・表示・配信システムの様子である。(b) は 1 台の大型ディスプレイを観戦する来場者の様子である。1 台のディスプレイで 50 人程度が観戦し、全体では 200 名程度が中継映像を観戦していた。(c) は伴走艇の写真である。運転手、ビデオカメラマン、送信用パソコンのオペレータ、デジタルカメラのカメラマンの 4 名が乗り込んでいる。(d) は本部の艇庫屋上観覧席から見た男子エイトのレースである。右側へ進行し、京大艇が先行してそれを東大艇が追う展開である。白い審判艇がすぐ後ろにつき、その上に小さく伴走艇が見える。



図 4. 映像中継の実施状況



図5は伴走艇から撮影した映像中継の一画面である。(a)は艇庫屋上観覧席前を通過する京大エイト艇で、図4(d)の写真の中の伴走艇からの撮影に相当する。(b)は女子クオドルプルレースで、右側へ進行し、画面上部の京大艇が先行している。



(a) 艇庫屋上観覧席前を通過する  
京大男子エイト艇



(b) 先行する京大女子クオドルプル艇（上部）

図5. 伴走艇から撮影した映像画面例

肝心のレース結果はメインの男子エイト、女子クオドルプル、医学部フォアで京大が勝利した。男子フォアは残念ながら12分08.43秒で東大の勝利となったが、何と0.38秒差、3,200mのレースで1m差という大接戦のレースで、実況映像を見ている観衆は最後まで勝敗のわからない熱戦の画面に釘付けとなり、漕手の力漕に声援を送った。正に実況映像放送のありがたみと醍醐味を感じさせる試合だった。大会後、京大の勝利と善戦、そして映像中継を賞賛する声があふれた。

## 6. まとめと今後の課題

このように構築し、運用したWiMAX映像中継システムにより、成功裏に中継を終えることができた。今後の課題として以下のような点を考えている。

- (1) WiMAXのアップリンク速度に対してSkypeビデオが使用する実データ転送速度は1/4程度であった。帯域をより有効に活用することで映像品質を向上することが望まれる。
- (2) パソコンベースのシステムであるため、中継システムの立ち上げなどにデリケートな操作を必要とする。民生品レベルで簡単な操作で使える中継システムが望まれる。また、中継システムの操作を学習することに時間をとられ、ボート競技の撮影に十分習熟することができなかったことも課題である。
- (3) Ustream配信用に音声マイクを接続したつもりであったが、インターネットに音声は流れていなかったようである。レースの解説と雰囲気伝える音声は必要である。
- (4) SkypeビデオとUstreamの組み合わせでシステムを構築したため、複雑な構成になった。将来的には、Ustreamのようなライブ配信サービスだけですべてが実現できるようになると予測されるが、システムの運用をより簡単化することが望まれる。
- (5) 伴走艇からの映像は、どうしても手ぶれや伴走艇自身のぶれが映像に反映され、映像品質に影響する。また、伴走艇の位置取りも重要である。伴走艇から見応えのある映像を撮影することは難度が高い技術を必要とするが、ボート競技の映像中継にはそれに習熟することも課題である。
- (6) 伴走艇からの中継においてコース半ばで受信基地局が隣接基地局へ引き継がれている(ハンドオーバー)。その際、見かけ上の接続は維持されているが、映像がフリーズするなどの影響が発生した。

市販の民生用機器と既存のソフトウェアを使用することにより、個人レベルで映像実況中継ができるようになり、種々の応用が可能になると考えられる。本稿がそのようなテレビ中継実施の参考になれば幸いである。

## 謝辞

本計画を実施するにあたり、京大ボート部マネージャ、OB有志、関係研究室の院生・学生、京都大学学術情報メディアセンターの岡部寿男教授、美濃導彦教授、OB会である濃青会、UQコミュニケーションズ株式会社、シャープ株式会社、株式会社イトーキなどから、技術支援、機材提供、労力提供等の協力を受けました。ここに厚く御礼申し上げます。

## 参考情報

- [1] 京都新聞 2010年6月12日(土)朝刊 23面, 朝日新聞京都版 2010年6月19日(土)朝刊 33面, 朝日新聞滋賀版 2010年6月19日(土)朝刊 33面
  - [2] 京大ホームページ ([http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news\\_data/h/h1/news7/2010/100620\\_1.htm](http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news_data/h/h1/news7/2010/100620_1.htm))
  - [3] 京大オープンコースウェア OCW (<http://ocw.kyoto-u.ac.jp/news/tyumoku/01/video>)
  - [4] 京大ボート部ホームページ (<http://www.biwa.ne.jp/rowing/>)
  - [5] On2テクノロジー社のVP7技術 ([http://ja.wikipedia.org/wiki/On2\\_VP7](http://ja.wikipedia.org/wiki/On2_VP7))
  - [6] データ転送速度計測用フリーソフト「TCP Monitor Plus」(<http://hp.vector.co.jp/authors/VA032928/>)
-