



触覚伝送を伴うバスケットボールの ライブフィードバックの実践

早川裕彦¹⁾, 神山洋一¹⁾, 松園敏志¹⁾, 徐萌芸¹⁾, 田中培仁²⁾, 本山拓人²⁾, 鈴木規之³⁾, 南澤孝太¹⁾

1) 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 (〒 223-8526 神奈川県横浜市港北区日吉 4-1-1, h.hayakawa@kmd.keio.ac.jp)

2) 富士通デザイン株式会社 (〒 211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4-1-1)

3) 富士通株式会社 (〒 211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4-1-1,

概要: 遠隔地にいながらバスケットボールの試合を観戦することができるようにするため、試合会場の床面の触覚情報を遠隔地に伝送及び再生するシステムを構築し、プロスポーツリーグが主催する試合で技術検証を行った。試合会場の床下に設置された 8 個の触覚センサーで床面の音をセンシングし、遠隔地の会場に設置された 2 つのステージから出力することで、まるで自分がコートの中にいるかのような臨場感を体験することができる。今後需要が増えることが予想されるプロスポーツのパブリックエクスペリエンスにおける実運用を目指し、その準備段階として本研究を行った。

キーワード: スポーツ体験, 遠隔地観戦, 触覚伝送, 空間共有

1. はじめに

プロスポーツの試合は日々世界中で行われているが、好きなチームの試合を全て観に行くことは困難である。映像や音声を高解像度で取得及び伝送するための技術の発展と共に、スポーツの試合を試合会場以外の遠隔地で観戦するパブリックエクスペリエンスの需要が高くなっている。また、多視点から試合会場を撮影し、また多チャンネルで環境音を集音し、それを大型ディスプレイやサラウンドスピーカーで再生することで、その質も向上している。しかし、競技を阻害する要因となつてはいけないという前提条件や競技規則から、実績が乏しい技術が運用される可能性は極めて低い。従って、2020 年に開催される東京オリンピック・パラリンピックなどの極めて大きな試合での実運用を目指すため、準備段階としてプロスポーツの現場において技術検証を行う必要がある。そこで本研究では、図 1 のように、プロバスケットボールの試合の情報をおよそ 900km 離れた場所に伝送するという試みを行う。

2. 関連研究

スタジアムでのスポーツ観戦において、体験するという意味では視覚情報や聴覚情報と触覚情報は等しい価値を持っている。特にスタジアムでの観戦と遠隔地での観戦とで異なる点として、アスリートの身体と道具や設備との物理的な接触によって生じる地響きのようなスタジアム全体の揺れが挙げられる。スタジアムでの観戦ではその揺れを身体で

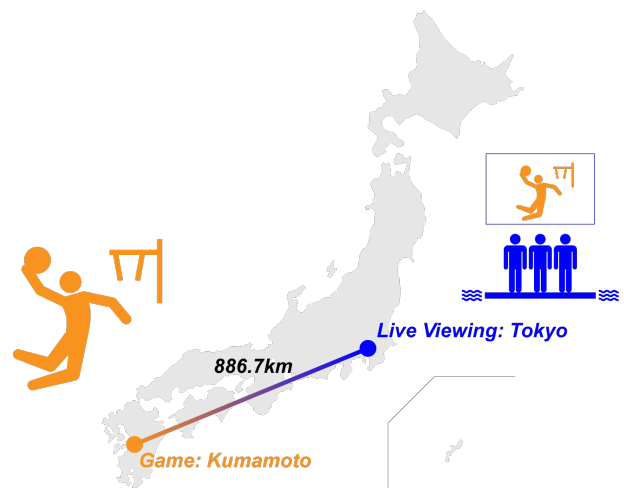


図 1: 試合会場と遠隔地観戦会場の位置関係

感じるため、揺れを感じることでできない遠隔地での観戦の臨場感の欠如の要因に考えられる。触覚センサーで取得した音をアンプリファイヤーを介してアクチュエーターに流すことで物のテクスチャーを再現するという南澤ら [1] の研究があり、タップダンスの場面に応用することで音の聞こえない人にタップダンスのリズムを伝えることができる [2]。また、それをスポーツのプレイ映像と組み合わせたり [3]、さらには数人への同時配信を行ったり [4] されている。B.-C. Lee ら [5] は、腕に対する振動触覚で臨場感あふれるライブスポーツ体験を提供している。Visell ら [6] は、床型インターフェイスを介して触覚情報ディスプレイの実現可能性を研究し、それらのために振動触覚信号を効果的に設計する方法を提案している。これらで用いられ

Hirohiko Hayakawa, Youichi Kamiyama, Satoshi Matsuzono, Mengyi Xu, Masuhito Tanaka, Hiroto Motoyama, Noriyuki Suzuki, and Kouta Minamizawa



図 2: 試合会場の様子



図 3: 遠隔地観戦会場の様子

ている技術を踏まえ、プロスポーツの実際の試合における遠隔地観戦を実施する。

3. 前提条件

2018年1月14日、熊本県にて日本プロバスケットボールリーグの各クラブに所属している選手の中からトップ選手が集まる祭典が開催された。およそ2年前に現地で起きた震災の復興を祈願したことから熊本での開催となり、まだ被災の跡が残りつつも当日は3000人を超えるバスケットボールファンが来場し、熊本の体育館は大いに盛り上がった。しかし、会場の最大収容人数や交通の便が原因で、全国のファン全員が熊本に行くことはできないため、東京都のホール会場にて遠隔地観戦が実施された。遠隔地観戦の会場もまた、チケットが数時間で売り切れるほど人気の中、300人以上のバスケットボールファンが来場した。熊本県でのプロバスケットボールの試合と東京都での遠隔地観戦の様子をそれぞれ図2及び3に示す。このパブリックエクスペリエンスは、熊本会場の空間を東京会場に共有するという試みで、映像チーム、立体音響チーム、触感チームから構成され、私たちは触感チームを担当し、886.7kmの距離



図 4: 床裏に設置された触感センサ

の触覚伝送を行った。試合会場以上の臨場感を作ることを目標に、4K映像や44チャンネルの空間音響など高臨場感の視聴覚に加え床面の空間的な触覚伝送を行う、いわばライブフィーリングを実現し、これにDJなどのエンタテインメント要素も加えた次世代型ライブビューイングイベントを実施した。

4. システム設計

4.1 取得側

触感センサには、0.5[Hz]から対応しているバックエレクトロレットコンデンサーマイクロフォン（株式会社プリモ、EM246）を使用した。コンデンサーマイクロフォンの他に、バッテリー（5[V]）、発光ダイオード、セラミックコンデンサー（静電容量1[μ F]、耐圧50[V]）、抵抗（1[K Ω]）で構成されている。触感センサ1個を体育館の床裏に設置し4、試合が行われる体育館における集音レベルと距離の関係を調査した。体育館の中を直線上に歩きながら、1mごとにボールを弾ませるようにドリブルを行った。集音された音声信号の振幅を図5に示す。その結果、徐々に集音レベルが減衰していく中で、5mを超えた地点から著しくレベルが減衰していたことが確認できたため、5[m]間隔で触感センサを設置することとした。触感センサを設置した場所を図6に示す。ゴール真下の1個を中心に、エンドライン沿いの5[m]離れた場所に1個ずつ、また3ポイントシュートラインの中心に1個を設置し、計4個の触感センサを設置した。また、それを逆サイドにも同様に設置した。

4.2 出力側

触感ステージは床面全体を振動させるように、図8のように設計を行った。まず、天板と側板を結合した。次に、強度を担保するため、梁の端が長辺に接するように、短辺と平行に通し、また中央寄りの部分に脚を取り付けた。さらに、長辺と平行となるように梁を通すが、短辺及び短辺と平行に通した梁のいずれにも接していない。そして、長辺

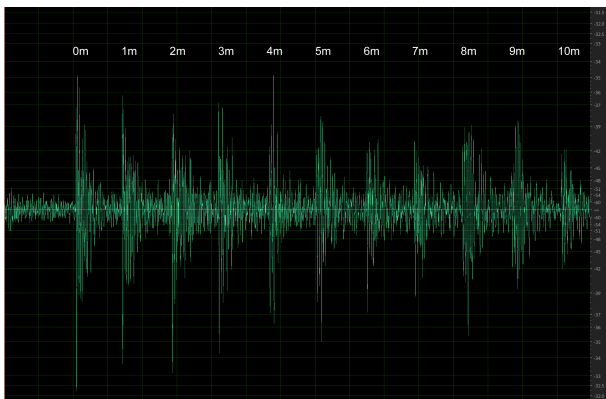


図 5: 床裏で取得された音声信号の距離毎の振幅

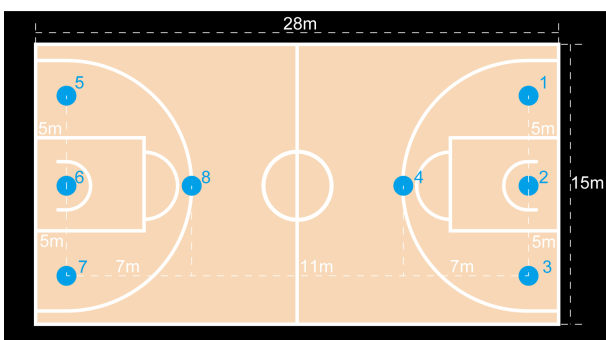


図 6: 触感センサの設置位置

と平行となるように通した梁の中央部にアクチュエーター (Clark Synthesis 社, TST239 Silver Transducer) を 1 個設置した。これにより、側板は振動させず、天板のみを振動させることが可能となった。また、側板や脚のような接地する部分にはゴムシートを装着し、ホールの床と触感ステージとの接触によるノイズの発生を防いだ。1 モジュールにつき 900*1600[mm] のサイズのステージを長辺を合わせるように並べることで、図??で示している 4500*1600[mm] のステージを制作した。また、これをさらにもう 1 セット制作することで、バスケットボールコートを模した遠隔地観戦会場において、2 つのコート分の触感情報を出力した。予め 2 地点間で同時に録音した音を 2 つのステージに対してそれぞれのチャンネルの音を流したところ、2 つのステージの間を選手やボールが動き回っているような体験をすることができた。

4.3 伝送システム

本システムの概要を図 9 に示す。集音側では、床下に設置した 8 個の触感センサで床面の音を取得され、記録用 PC が接続されたオーディオキャプチャを経由し、オーディオミキサーに 8 チャンネルの音声信号が流れる。流れてきた音声信号は 4 チャンネルずつがそれぞれ統合され、計 2 チャンネルの音声信号となる。試合会場から送られてきた音声信号は、パブリックエクスペリエンス会場でオーディオミキ

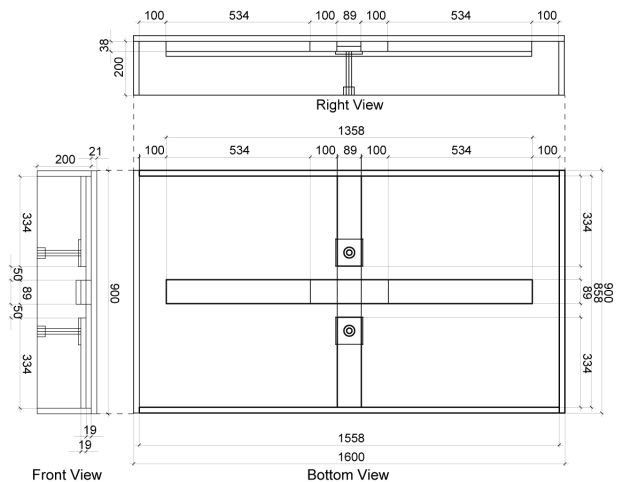


図 7: 触感ステージの設計



図 8: 触感ステージの裏側

サーに入力された後、グラフィックイコライザーで 500Hz より上の周波数帯域がカットされる。次に、遠隔地観戦会場における映像や立体音響と同期を図るため、グラフィックイコライザーから音声遅延器に入力される。さらに、プリアンプとしての用途を果たすため別のオーディオミキサーを経由し、パワーアンプファイヤーに入力された後、アクチュエーターに出力される。エンドライン寄りに設置された 3 個の触感センサより、3 ポイントシュートラインに設置した触感センサのチャンネルの音量レベルをミキサーで下げること、バスケットボールコート全体のセンシングを行いながら、選手やボールの移動感の創出を行った。

5. 結果と考察

遠隔地観戦会場に会場した人の内、およそ 100 人程度が触感ステージを体験した。図 10 は、ライブフィードを体験している観戦者の様子を示している。遠隔地観戦会場では、体験者がステージを降りて試合を観戦していたところ、触感ステージなしの観戦では物足りなくなり、再び触

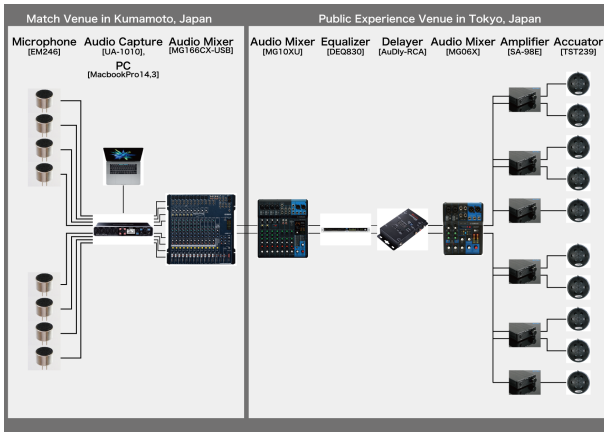


図 9: 触感伝送システム概要図



図 10: 触感ステージに乗りながら観戦している様子

感ステージに戻ってきていた様子が見受けられた。触感ステージの上に立つと、触感の有無によって選手やボールがどちらのコートに存在しているのかを把握することができた。ただ単にブルブルと振動を感じるだけでなく、バスケットシューズと床の擦れた時の僅かな音や緩急をつけたドリブル、あるいはダンクシュートを決めた後の迫力のある音の違いなど、選手やボールの存在感を身体全体で感じることができた。このことから、映像と音、そして触感を組み合わせることで、次世代型のスポーツ観戦スタイルを構築できる可能性が示唆される。

6. 結論

遠隔地にいながらバスケットボールの試合を観戦することができるようにするため、試合会場の振動を遠隔地に伝送するシステムを構築した。試合会場の床下に設置された8個の触感センサーで集音した音声信号を2チャンネルに統合し、それを遠隔地観戦の会場に仮設された2つのステ

ジに装着されたアクチュエータから流し、さらに映像や環境音と同期させることで、まるで自分がコートの中にいるかのような臨場感を体験することができた。遠隔地におけるプロスポーツのパブリックエクスペリエンスの実運用を目指し、その準備段階として技術検証を行った。

謝辞 本研究は JST ACCEL Embodied Media Project (JP MJAC1404) における社会実装の一環として、富士通デザイン株式会社、ヤマハ株式会社との協力により実施した。

参考文献

- [1] Minamizawa, K., Kakehi, Y., Nakatani, M., Mihara, S., and Tachi, S. TECHTILE toolkit: A prototyping tool for design and education of haptic media. Proceedings of the 2012 Virtual Reality International Conference, Vol. 26, March 28-30, 2012, Laval, France.
- [2] Shibasaki, M., Kamiyama, Y., and Minamizawa, K. Designing a Haptic Feedback System for Hearing-Impaired to Experience Tap Dance. Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology, pp 97-99, October 16-19, 2016, Tokyo, Japan.
- [3] Yusuke Mizushima, Wataru Fujiwara, Tomoaki Sudou, Charith Lasantha Fernando, Kouta Minamizawa, and Susumu Tachi, Interactive Instant Replay: Sharing Sports Experience using 360-degrees Spherical Images and Haptic Sensation based on the Coupled Body Motion, Proceedings of the 6th Augmented Human International Conference, pp 227-228, March 9-11, 2015, Singapore, Singapore.
- [4] Marie-Stephanie Iekura, Hirohiko Hayakawa, Keisuke Onoda, Yoichi Kamiyama, Kouta Minamizawa, and Masahiko Inami, SMASH: Synchronization Media of Athletes and Spectator through Haptic, SIGGRAPH Asia 2015 Mobile Graphics and Interactive Applications, Vol. 20, November 2-6, 2015, Kobe, Japan.
- [5] Lee, BC., Lee, J., Cha, J., Seo, C., and Ryu, J. Immersive Live Sports Experience with Vibrotactile Sensation. In: Costabile M.F., Paternò F. (eds) Human-Computer Interaction - INTERACT 2005. INTERACT 2005. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3585. Springer, 2005, Berlin, Heidelberg.
- [6] Visell, Y., Law, A., and Cooperstock, JR. Touch Is Everywhere: Floor Surfaces as Ambient Haptic Interfaces. IEEE Transactions on Haptics, Vol. 2, Issue. 3, July 17, 2009.