

[非公開]

TR-M-0044

選手の視野に着目した体感型スポーツ中継の検討
～マラソンへの試み～

小菅 拓
Taku KOSUGE

野間 春生
Haruo NOMA

宮里 勉
Tutomu MIYASATO

1999.2.26

ATR 知能映像通信研究所

選手の視野に着目した体感型スポーツ中継の検討

～マラソンへの試み～

New Method for Realistic Sports casting

Based on Player's view.

1999年2月28日

概要：

昨今のプロスポーツの発展により、TVでのスポーツ中継が盛んに行われている。本稿では、まずスポーツ選手が感じている物事全てに着目し、これらの情報の再生により選手の動きを体験するスポーツ中継の提案を行う。次にスポーツとしてマラソンに着目し、試作装置の評価実験を通じて従来のマラソン中継との違いを考察した。これにより、従来の受動的なスポーツ中継とは異なる積極的な観戦が期待できる。

ATR 知能映像通信研究所 第5研究室

学外実習生 小菅 拓¹

実習期間：1998年10月12日～1999年2月26日

¹ 長岡技術科学大学 電気・電子システム工学課程

1章 序 文

現在、スポーツを楽しむ為のアプローチとして「自分に体を使い競技する」「他人の行う競技を観戦する」という二つのアプローチがある。前者の「自分の体を使い競技する」場合は、実際にそのスポーツをする事で、スポーツの楽しさを直接体験する方法である。

これに対し、後者の「他人の行う競技の観戦をする」場合は、競技の観戦を通じて間接的にスポーツを楽しむ方法である。後者は更に、競技の行われている会場での観戦と、TV放送等のスポーツ中継の遠隔地での観戦の二つに分類する事が出来る。会場での観戦は直接会場に行く事で、会場の雰囲気を感じることが最大の魅力であり、従来の放送で行われているスポーツ中継は遠隔地にいながらにして観戦出来る事が魅力である。近年の中継では、映像や実況に様々な付加情報を加え、より詳しい中継が行われている¹⁾。

しかし、いずれの手法も第三者の客観的な視点からの観戦となっている為、会場の興奮や様子は伝わるとしても、競技者の感じている事やスポーツをする楽しさは伝わりにくいのではないかと我々は考えた。

そこで本研究では、スポーツの楽しさを伝える観戦方式として「自分の体を使い体感するスポーツ中継」(以下、体感型スポーツ中継と呼ぶ)を提案する。

この「体感型スポーツ中継」を実現させるために、本研究では「選手の視野」というものに着目する。ここで言う「選手の視野」は、「選手の感じている全ての感覚」という「広い意味」である。例えば、走行している感覚、試合の緊張感などである。我々はこの「広い意味での視野」を再生し視聴者に半受動的に体験させる事で、会場で競技をする選手の感覚とスポーツの楽しさを伝える「体感型スポーツ中継」が実現できるのではないかと考えた。

本論文では、この「選手の視野に着目した体感型スポーツ中継」についての検討と実装、および試作装置を用いた本手法の評価を行う。

以降では、まず2章において今回の提案手法について検討する。ここでは特にマラソンにおけるランナーの「広い意味での視野」に着目し、「広い意味での視野」を体感する為にどのような実現方法があるのかを検討する。3章では、「広い意味での視野」の内の一つである、ランナーの走行感覚を再生する為に、ランナーの走行速度の推定方法について検討する。4章では提案する手法を評価する為に今回実装した体感型スポーツ中継の試作装置について説明する。5章では、試作装置を用いた提案手法の有効性に関しての主観的な評価実験と、その結果について報告する。最後に6章では、今後の応用展開についてまとめる。

2章 体感型スポーツ中継

本研究では、家庭の視聴者が遠隔地の会場で競技をしている選手を体感する事で、より興奮し、より感動できるスポーツ中継の提案およびその実装手段を提案するとともに、本手法の有効性について検討する為に、試作装置によって主観的評価を記録し考察した。そのうち本章では、「体感型スポーツ中継」の提案を行い、次に「体感型スポーツ中継」の実現に用いる選手の感覚を総称した「広い意味での視野」について定義する。その実施例の一つとして、ここでは特にマラソン競技に注目し、マラソン選手の「広い意味での視野」と、これを再生するための実現方法を検討する。

2.1 体感型スポーツ中継とは

TV等で従来行われているスポーツ中継は、会場の競技を遠隔地から観戦する事を目的としているため、競技全体のおよその状況は理解できる。しかし、競技の行われているグラウンド全体の各選手間ではどのような駆け引きが行われているか理解しにくく、選手固有の感動や興奮、スポーツを行う事の楽しさや魅力を伝えるのは難しい。

そこで本研究で提案する「体感型スポーツ中継」では、競技する選手の立場になり競技を観戦することで、実際の競技の様子を間近で体感し、同時に選手固有の感動や興奮を体感する。その結果スポーツを行う事の楽しさが伝われば、より大きな興奮と、より大きな感動を視聴者に提供できるのではないかと考えた。

ここでは、視聴者が体感する選手の感覚を総称して「広い意味での視野」と定義する。本稿では、まず選手の「広い意味での視野」をVR機器を介して視聴者へ再生する事を目標とする。

2.2 選手の視野

前項では、競技をしている選手の感覚を総称して選手の「広い意味での視野」と定義した。この「広い意味での視野」の主な例として、運動している身体感覚（動き、平衡感覚、加速度、疲労など）、周囲に見える「狭い意味での視野」、周囲で聞こえる音などが考えられる。この「広い意味での視野」を視聴者へ再生し体感させ、視聴者が会場で競技をする選手になった気分となれば、選手固有の感動や興奮、運動することの楽しさが伝わるスポーツ中継が実現できるのではないかと考えた。

しかし、選手の「広い意味での視野」は、スポーツの種類によって非常に様々である。そこで、本研究の第一報となる本報告では、まず選手の視野に着目した体感型スポーツ中継の効果を探る事を目的として選手の視野について一般的な検討を行う前に、競技をマラソンに特定して実装を行った。マラソンは、運動が走行のみと種類が少なく、運動も比較的安定しているため、広い意味での視野の実装が他の種目に比べて比較的容易である。

2.3 マラソンにおける再生する視野の検討

本節では、マラソン選手の「広い意味での視野」について具体的に考える。表1に実際に走行しているランナーが感じていると考えられる「広い意味での視野」と、その視野を遠隔地の視聴者に提示する方法の一例を示す。

選手の走行している感覚については、実際の選手の走行速度を視聴者が体感できれば、感覚の再生が出来ると考え、トレッドミルでの走行速度の再生により実現を行う。周囲の景色については選手の「狭い意味での視野」の再生により実現できる。周囲に聞こえる音は、会場で競技する選手の周囲の音を視聴者の周囲に再生する事で実現できる。身体の疲労感については、選手と視聴者の心拍数や呼吸を比較し、再生する運動感覚を調整する事により実現可能であろう。風の感覚については、選手の走行速度と会場の風の状態から風量と風向きを推定し、視聴者の周囲に送風する事で実現出来ると考えられ、気象の感覚については、家庭の気温や湿度を会場と同条件とするか、天候を再現する事で実現できる。背後の選手の感覚については、選手の視覚以外の聴覚や嗅覚、触覚といった感覚を視聴者に体験させる事で実現可能であろう。以上に挙げたような選手の「広い意味での視野」を視聴者が総合的に体感した結果として、走行の爽快感を視聴者が体験できると考えた。

本研究ではこの中でも実装が比較的容易である (1) 走行している感覚 (2) 周囲の景色 (3) 周囲に聞こえる音という三つの視野の記録・再生手法について実装し、提案手法の有効性について考察する。以降これらの記録・再生方法について検討する。

2.3.1 ランナーの走行感覚の再生

ランナーの走行している感覚を再現する方法として考えられるのが、視聴者が実際にランナーの動きに同調して走行を行う事である。今回の実装ではトレッドミル上でランナーの走行速度を再現し、視聴者が走行する事でランナーと同じ走行感覚が再現出来るのではないかと考えた。

この走行速度を取得する手段として、車両の速度計を用いる事が考えられる。しかし、選手全員に車両を併走させる事は困難であるため、従来のスポーツ中継ではランナーの映像から走行速度の推定を行っている^{[2][3]}。しかし、これも車両併走が無い場合には困難である。このため、今回の実装ではランナーに装着した装置から速度を推定する事にした。速度推定手法については3章で述べる。

2.3.2 周囲の景色の再生

次に、周囲の景色を再生させるために用いる映像について考える。再生する映像としてまず考えられるのは、対象としている選手の見ている「狭い意味での視野」か、あるいは対象とした選手を追った従来の放送に近い映像（以下、追跡映像と呼ぶ）に分かれる。その中でも、「狭い意味での視野」は、ランナーの走行に併せた振動が振動の生じ

るもの（以下、有振動映像と呼ぶ）と、生じないもの（以下、無振動映像）に分類できる。（図1参照）

これらの映像の取得方法について考える。まず追跡映像は、ランナーを追走する車両か無線ヘリ等の撮影装置が別に必要となる。また、無振動映像は、選手の身体の動きに連動しない決まったアングルで撮影できるカメラか、選手に装着した小型カメラからの映像から上下振動を取り除く手段が必要となる。一方で有振動映像は、選手に装着した小型カメラの映像を用いる。この有振動映像には選手の着地のタイミングなどの情報も含まれる。

さらに、この映像を再生する場合に通常の投影スクリーンやTVモニターでの再生とHMDでの再生が考えられる。通常のモニターでの再生では体験者が余分な装置を装着せずに済む為、より自然な体感が期待できるが、画角の広い映像を得ることが容易ではない。一方、HMDでの再生は、容易に画角の広い映像を得ることが出来るが、体験者の頭の動きに映像が連動できなければ効果は薄い。そこで今回の実装では、体験者がより自然な体験をするように、通常のモニターでの再生を行った。

5章の評価実験ではデータ取得手法の制約により、記録、再生の可能であった追跡映像と有振動映像の比較を行った。

2.3.3 周囲に聞こえる音の再生

周囲の音の再現方法として考えられるのは、モノラル方式、ステレオ方式、三次元音場処理の三方式である。本来の音場を再現する場合には三次元の音響の記録再生を行うべきであるが、実装が複雑になる。また、モノラルとステレオの音の効果を考慮した場合、モノラルよりもステレオの方がより実際の音場に近いが、各方式の実装の容易さは同程度である。今回の実装ではステレオ方式を採用した。

3章 走行速度推定法の検討

2章では選手の広い意味での視野とその実現方法について検討し、その中でも走行感覚を実現する為にランナーの速度を推定する必要があると述べた。本章では、ランナーの走行速度を画像処理によって推定する手段について検討し、実際の走行速度との比較、検討を通じて推定速度の取得方法を決定する。

3.1 走行速度とピッチ、ストライドの関係

現在、マラソン選手が走行速度を調整する為の走法として、「ピッチ走法」と「ストライド走法」の二つがある。ここでのピッチとは、最初の足の着地から次の足の着地までの時間を意味し、ストライドとは歩幅を意味する。つまり「ピッチ走法」では、着地間の時間を調整する事で走行速度を調整し、「ストライド走法」では、歩幅を調整する事で走行速度を調整する。一般のランナーは、この二つの走法を併用して走行していると考えられる。

つまり、ランナーの走行速度を推定する為には、この「ピッチ」「ストライド」のどちらかを取得する必要がある。ストライドを取得する場合、実際に競技中のランナーに何らかの装置を装着し測定する事は困難である。これに比べピッチを取得する場合は、何らかの方法で着地のタイミングさえ計測できれば、着地間の時間をピッチとして取得できる。そこで今回、ランナーの走行速度を推定する為に、ピッチを用いる事にした。

3.2 走行速度とピッチの関係についての実験

ここで、走行速度が変化する場合のピッチの変化を調べる為の実験を行った。この実験でのピッチは、足が着地した瞬間から、次の足が着地する瞬間までの時間である。実験は、被験者にトレッドミル上を一定速度で走行させ、その時の被験者のピッチを万歩計によって計測した。

実験装置は、トレッドミルと被験者に装着する万歩計、万歩計の情報をPCへ送信するテレメータ、トレッドミルの速度制御とピッチの計算を行うPCにより構成される(図2)。トレッドミル上を定速走行しているランナーの着地タイミングを万歩計により取得し、歩数間の時間を計測する事でピッチとして記録した。被験者は、22~42歳までの健康成人男性9名を採用し、ベルト速度は6,8,10,12,14 Km/hの各速度で測定した(6km/hは歩行と走行の間くらいの状態であり、14km/hはアマチュアのマラソンではかなりのハイペースである)。

実験手順は、まずトレッドミルでの走行に慣れる為に、計測に用いた各速度での定速走行を30秒体験させる。その後分程度の休憩を取った後に、万歩計とテレメータを装着させ、各速度定速状態での30歩に対してピッチの計測を行った。

被験者9名の実験結果を図3に示す。図の縦軸はトレッドミルの動作速度であり、横

軸がその速度で走行した被験者のピッチである。図中の曲線は各速度に対する平均ピッチと速度の二次回帰曲線（以後、ランナーの走行特性と呼ぶ。）である。この曲線に注目すると、全被験者で走行速度が上昇するに従いピッチが短くなっている傾向が見られた。回帰曲線には個人差が生じてしまう為、ランナーから取得したピッチから一般的に使用できる規則により速度を求める事は出来ないが、事前にランナーの走行特性を調査する事でそのランナーのピッチから走行速度の推定は可能であると考えた。

3.3 競技中のピッチの取得方法についての検討

ピッチを取得する為に、3.2 項では万歩計の信号を無線によってPCへ伝送して用いてきた。しかし、屋外で前述の実験の計測装置を用いるには装置が大きくなってしまい、ランナーや大会への影響が生じる。この為、万歩計以外の方法によって着地のタイミングを得る必要がある。そこで今回注目したのが、2.3.1 節で述べた周囲の景色の再生の為に用いる有振動映像である。前述の通り、周囲の景色として取得するのはランナーの頭部に装着したカメラの映像であるため、走行動作に連動して振動している。今回は、この振動している映像から、着地のタイミングの取得を試みた。

ランナーに装着したカメラの映像から、ピッチを取得するまでの手順を図4に示す。まず、富士通製画像処理ボード（カラートラッキングビジョン TRV-CP5W）により全画面 640×480 画素のうち、中央 48×48 画素のブロックの上下移動量+7~8 画素を 60Hz で取得する。そして、この上下移動量の時系列データについてタップ数 512 の FFT を実行する。FFT の結果生じるスペクトルから、人間の走行ピッチの範囲内のスペクトルの最大成分をピッチとして取得する。なお、この手順で求まるピッチは離散値であり、離散値のピッチからランナーの走行特性により求まる推定走行速度もまた離散値となる。この、離散値のピッチによって得られたの速度をそのままトレッドミル上で再生してしまうと、僅かなピッチの変化でも急な速度変化が生じてしまい危険である。この為、ピッチを連続的に変化させる必要がある。ここでは、その方法としてスプライン補間を用いる。今回用いたスプライン補間の関係式を、式 (1) に示す。

$$S(x) = -\frac{Z_0 * Z_1 * Z_2 * Y_1}{6} + \frac{Z_3 * Z_1 * Z_2 * Y_2}{2} - \frac{Z_3 * Z_0 * Z_2 * Y_3}{2} + \frac{Z_3 * Z_0 * Z_1 * Y_4}{6} \quad (1)$$

x は 0 から 1.0 までの 0.1 刻みの変数であり、 $Z_0 = x$, $Z_1 = x - 1$, $Z_2 = x - 2$, $Z_3 = x + 1$ である。

(1) 式を、最大値のスペクトルを (X_3, Y_3) とした 5 点 (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) , (X_3, Y_3) , (X_4, Y_4) , (X_5, Y_5) に適用し、 (X_2, Y_2) から (X_4, Y_4) の区間でのパワー最大値を求め、その周波数をピッチとした。これにより、ピッチが得られ、走行特性により走行速度を推定する。

以上の手順により映像からの走行速度推定はリアルタイムで求められるが、FFT のデータ取得のため、速度算出が映像から最大で約 8 秒間遅れる。しかし、これは中継時に再生側で映像を遅らせるなどの方法により解決できる。

3.4 画像処理による推定速度と実際の走行速度の比較

ここで、画像処理による推定走行速度と実際の走行速度との比較実験を行った。実験内容は、予め走行特性を取得した被験者にプリセットしたベルト速度で運行するトレッドミル上を走行させる。そして、この時の被験者の頭部に固定したカメラにより得られた画像に対して、画像処理による推定速度を求め、プリセット値である実際の走行速度と比較を行った。また、参考として前述の万歩計によるピッチデータにより直接推定した速度も計測した。

実験装置は、トレッドミル、被験者の頭部に装着させる小型CCDカメラとこの映像を記録するデジタルビデオデッキ、3.2節の実験で用いた万歩計、テレメータとPCにより構成される。被験者は、予め走行特性を取得している22歳の健康な男性1名を採用した。

実験結果を図5に示す。図中の横軸が時間の経過を表し、縦軸がその時間での速度を表す。破線が実際の走行速度（トレッドミルの動作速度）、実線が画像処理から求めた推定走行速度である。

推定速度はスプライン補間の影響により安定した速度追従を示した。実際の走行速度との差は最大で約0.4m/secであった。この誤差の原因としては、ランナーの走行特性が毎回全く同じではない事が考えられる。しかし今回対象としているマラソンの実装では、それほど精密な推定が必要ではなく、むしろ大体の走行速度の変化が体験できれば選手の走行感覚の再現が行われると考えられるため、この程度の精度で十分である。

4章 試作装置

2章および3章では、マラソン選手の広い意味での視野の実現方法について検討を行ってきた。本章では、これまでの検討を評価する為に実装した試作装置について説明する。

試作装置の構成を図6に示す。今回は評価実験で被験者に体験させるデータを同一条件とする為、情報取得装置と再生装置を独立して実装した。情報取得装置として小型CCDカメラ、ステレオマイクを帽子に配置し、カメラの映像とマイクの音を記録するデジタルビデオデッキ2台をデイバッグに配置した。ランナーは、この帽子とデイバッグを装着し走行する。情報取得装置の重量は帽子が約1Kg、デイバッグが約2Kgの合計3Kgであり、走行への影響を極力抑えた。

スポーツ中継としてリアルタイムシステムを実現させる為には、このカメラとマイクの情報を送る通信装置が必要となる。

一方、再生装置は走行感覚の再生を行うトレッドミル ATLAS^[4]と、その前方に配置した70インチ投影スクリーン2台と、その両脇に配置した2つのスピーカ、記録の再生を行うコンピュータ制御可能なデジタルビデオデッキと、速度推定や速度制御を行うPCにより構成される。この試作装置を用いて提案手法の有効性に関する評価実験を行う。

5章 試作装置を用いた提案手法の評価実験

本章では、4章で実装した試作装置を用いて提案手法の有効性を評価する為の基礎的な実験を行い、本研究で提案する「体感型スポーツ中継」について一般的な検討を行う。

5.1 評価実験の目的

本研究の目的は、提案手法である体感型マラソン中継が従来のマラソン中継と比較し期待したような臨場感があるかどうか評価する事である。しかし、この臨場感を客観的に計測し比較するのは困難である。この為、今回の実験では前段の予備的な実験として主観的な評価実験を実施し、従来のマラソン中継と比較した場合どのような特徴が傾向として現れるのかを調べるに留めた。この結果として得られた基礎データから、本手法により選手の「広い意味での視野」を体感するマラソン中継が実現されているのか、更に臨場感を計るための手法について考察する。

実験で用いたデータは関西学研都市付近での約1km、約4分間の走行で、ランナーに装着した試作装置の情報取得装置と、ランナーを追走する車両に装着したカメラ、マイクによって同時に取得したデータである。

このデータを基に前章で紹介した試作装置上で選手の「広い意味での視野」を再生する方法が提案手法である。今回再生する選手の「広い意味での視野」とは、周囲の景色、周囲の音、走行感覚である（以下、提案手法）。

この提案手法の有効性を比較する対象として、ここでは他に二手法を検討した。一つは従来のマラソン中継を想定したものである（以下、従来手法）。これは、被験者が椅子に着席した状態で、追走する車両からの追跡映像と音を体験する手法である。

もう一つは今回の提案手法における有振動映像によるVR酔いの影響を調べる為、提案手法で再生する有振動映像と音を、椅子に着席し体験させる手法である（以下、対照手法）。

今回の実験では、この提案手法、従来手法、対照手法の三手法について目的別に四つの実験を行った。

5.2 実験内容とその目的

実験の目的は、提案手法によって着目する選手になった気分となり、選手と同じ感動や興奮が体感できるかどうか調べる事である。しかし、これらを具体化する指標は主観的なパラメータであり比較が困難であるため、ここでは従来手法に比べてどのような効果が得られるのかを調査した。

まず、今回選手の周囲の景色として再生する映像は、実際に走行するランナーの視点に最も近いものである反面、走行による上下振動が多く含まれ、VR酔いの原因になるのではないかと考えたため、中川らの手法^[5]により体験の不快感について調査した。また、体

験によって選手の立場となる事が出来れば、視聴者は選手の周囲の状況が理解できると考えられる事から、竹内らの手法^[6]を参考に周囲の状況の理解度について調査した。さらに、提案手法は従来手法に比べてどのような体験であるのかを調べる為に、アンケートを実施した(表2)。そして、視聴者が再生する世界へ没入して体験する事が選手になりきる要因の一つとして考えた為、被験者の主観時間、主観距離について調べた。これは、一般に物事に集中している場合に主観時間が実際の時間に比べて短く感じるという経験から、体験への集中が没入に繋がると考えたためである。

具体的な実施内容は以下の通りである。

(1) 不快感に関する五段階評価

実験目的：周囲の景色の提示方法の違いによる不快感の比較。

実施内容：体験中、酔いの程度の五段階評価(1:全く何ともない, 2:少し不快だが大丈夫, 3:かなり不快だが大丈夫, 4:すごく不快でやめて欲しいが、あと三分なら大丈夫, 5:非常に不快ですぐにやめたい)を口頭で回答させた。この最大値を集計する事により、再生した映像にどの程度の不快感があるのかを考察する。

(2) 周囲の状況の理解度調査

実験目的：ランナーの走行している周囲の状況の印象による理解度の比較。

実施内容：実験中のスクリーンの映像で、ランナーの速度の変動や時間経過に対応して覚えていた物事を、走行速度の時間変化のグラフ上に自由に記述させた。記述された単語数を比較することで、どの手法が周囲の状況を理解しているか比較する。

(3) 体験に対する五段階評価

実験目的：提案手法が従来手法に比べてどのように体験されたかの評価。

実施内容：体験に対する感想等の質問A~Iについて各々5段階の評価をさせた。(質問、回答内容は表2参照)集計した結果を比較し、提案手法の従来手法に対する有効性について考察する

(4) 体感時間、距離に対する質問

実験目的：体感される時間感覚、距離感覚がそこに没入する事で実際の時間、距離と異なると期待される。この効果を計測する。

実施内容：体験した時間とランナーが走っていた距離について実走である4分、1kmよりも長く感じたかについて「はい」「いいえ」で回答させた。この集計結果を体験への没入の度合いとして考察する。

5.3 被験者と実験手順

被験者は22歳から42歳までの健常成人男性29名、女性2名、合計31名を採用し、提案手法、従来手法、対照手法の内いずれか一つを体験させた。人数の内訳は提案

手法が男性 10 名、女性 1 名の合計 11 名、従来手法は男性 10 名、対照手法は男性 9 名、女性 1 名の合計 10 名である。

実験手順は、まず実験当日の体調、年齢、性別と過去の酔い体験について質問し、1 被験者に対して一つの手法を体験させた。体験中一分毎に不快感に関する五段階評価を行い、体験終了後、周囲の状況の主観的な理解度調査、体験に対する五段階評価と体感時間、距離に対する質問の順に調査を行った。

5.4 実験結果とその評価

(1) 不快感に関する五段階評価

実験中、被験者に対して不快感に関する五段階評価を開始時、1 分後、2 分後、3 分後、終了時の五回測定しその最大値を被験者の不快感として集計した。集計結果を図 7 に示す。従来手法では 1 名の被験者を除きあまり不快感が生じていない。これは、被験者の当日の体調が悪かった事に起因していると考えられる。これに対し、提案手法と対照手法ではやや不快感が生じている。提案手法と対照手法の両者を比較すると走行感覚を再生した提案手法に対し走行感覚を再生していない対照手法ではより多くの不快感が生じている。

つまり、従来手法に比べ不快感が生じてしまうものの、走行感覚を再生する事により不快感を軽減する事が出来ると考えられる。この事は、「広い意味での視野」の再生における運動感覚の再生の特徴を示していると思われる。

(2) 周囲の状況の理解度調査

調査の手法として、ここでは表記した単語数の比較を行った。被験者一人あたりの平均単語数とその分散を図 8 に示す。提案手法と従来手法を比較すると、提案手法で再生した有振動映像はランナーに併せた振動が加わっている為に従来手法で再生した追跡映像に比べ周囲の状況が理解しにくいと思われていた。統計的な比較を表 3 に示す。表 3 より、三手法の単語数には有意差は見られないという結果となった。

この結果から、選手の「広い意味での視野」の再生をする提案手法も、従来のスポーツ中継と同様に周囲の状況について多くの情報を得ていたと考えられ、提案手法においても周囲の状況の理解度は変わらなかったと考えられる。

(3) 体験に対する五段階評価

各質問の回答内容には評点をつけ（表 2 参照）、各手法の質問毎に平均の評点を集計したものが図 9 (1) であり、各質問に対し回答の分散を算出したものが図 9 (2) である。ここでは評点が大きいほど有効であると被験者は回答した。

従来手法と提案手法の評点を比べた場合、最初の二項目（「質問 A：この体験

が楽だった」と、「質問B：周囲の状況が理解できた」)においては提案手法の評点が小さかった。特に周囲の理解度については、従来手法の方が周囲の状況を理解できたという実験(2)の結果とは異なる結果が得られた。実験(2)では単語数の比較、実験(3)ではアンケート調査による比較と、異なる調査手法により同じ項目を調査した結果、このような興味深いデータが得られた。この傾向の違いについて検討を行う為には、更に被験者数を増やして調査を行う必要がある。

一方、その他の7項目(「質問C：走行は軽快だった」「質問D：体験をもっと体験したい」「質問E：体験は気持ち良かった」「質問F：体験は楽しかった」「質問G：体験は興奮した」「質問H：体験は新鮮だった」「質問I：体験は面白かった」)に対しては提案手法の評点が大きかった。特に質問F～Iでは評点の差が大きかった。これは従来手法に比べ、より楽しく、より興奮し、新鮮であり面白かったと考えられる。

また、提案手法と対照手法を比較すると、対照手法は図9(1)を見る限り、質問A、Bでは従来手法に近く、質問C～Iでは提案手法に近い特徴を持つ傾向が見られる。これは、椅子に楽な姿勢で座った状態で体験した結果、周囲の状況が理解でき、通常では体験し難い有振動映像を体験した事により、新規性の強い体験と評価されたと考えられる。しかし、評点の分散を比べた場合(図9(2))、提案手法よりも対照手法の方が分散は大きい質問が多かった。この結果より、提案手法では安定した評価を示せるのに対し、対象手法では評価の個人差がより大きかったと考えられる。

これらの5段階評価の比較が単純に各手法の有効性を示す指標とは考えにくいですが、半受動的な提案手法と完全に受動的な体験である従来手法で異なる面の特徴を持つと考えられる。

(4) 体感時間、距離に対する質問

実験に対するアンケートの集計結果を図10に示す。横軸が時間、距離に対して長く感じたかという質問に対する「はい」「いいえ」の判断であり、縦軸がその評価をした人数の割合である。

走行感覚のない従来手法と対照手法では、「はい」「いいえ」にはほぼ同数の評価があったのに対し、走行感覚を再生した提案手法ではどちらも短いという評価が多かった。この事から、提案手法による選手の「広い意味での視野」の再生でも特に運動感覚の再生により、体験に対して集中していると考えられる。体験への集中のより没入する事が臨場感を表す一つの要因だとすれば、運動感覚の再現が今回提案した「体感型スポーツ中継」の特徴である「選手の立場からの観戦」を表現する為に必要であると考えられる。

5.5 結果のまとめ

以上四つの実験結果により提案手法の有効性について考察してきた。不快度に関する五段階評価では従来手法に比べやや不快感が生じるものの、走行感覚の再生により不快感を軽減する事が確認された。周囲の状況の主観的な理解度調査では、「広い意味での視野」の再生により従来手法に比べより多くの状態の理解がなされた事が確認された。体験に対する五段階評価では従来手法とは異なる楽しみ方が出来る傾向が確認され、体感時間、距離に対する質問では、「広い意味での視野」の再生で特に運動感覚を再生する事による新規性を確認する事が出来た。

今回の計測では被験者数が少なく、また実験条件の統制が十分とはいえない為に断言する事は出来ないが、これらの結論として、今回提案する選手の「広い意味での視野」を再生し体感する「体感型スポーツ中継」は、従来の受動的なスポーツ中継とは異なるより積極的な観戦というスポーツへの新しいアプローチとして期待できる。

6章 まとめ

本研究では、まず選手の得ている全ての感覚である「広い意味での視野」をVR機器を介して再生し視聴者が体験する事でスポーツをする事の楽しさを伝える「体感型スポーツ中継」の提案を行った。次いで再生する視野について議論した上で「広い意味での視野」の実装方法について検討した。さらに試作装置の主観的な評価実験を実施しその結果、従来の受動的なスポーツ中継とは異なるより積極的な観戦が期待でき、スポーツへの新しいアプローチとして期待できる事を示した。

今後の課題としては、実用中継システムの実現に向けた情報取得装置と再生装置間の情報通信のリアルタイム化や、再生する視野の再検討、評価方法の再検討などが挙げられる。

応用展開としては、視聴者に合わせた体験をさせる機能の実装が求められる。なぜならば、スポーツ選手は専用に強化トレーニングを行っている為、選手の運動量をそのまま視聴者の身体に再現してしまうと、選手に比べ肉体的な負担(疲労)が大きくなってしまからである。この機能の実現方法として、選手と視聴者の発汗や心拍数を比較し運動量の再生を調整するバイオフィードバックの提示等が考えられる。

また、現在ではスポーツ選手のトレーニングの手法としてメンタルトレーニングが盛んに行われているが、今回提案した中継から録画した自分より優れた他の選手の「広い意味での視野」を再生し繰り返し体感する事で、試合の緊張感や感覚が体感できれば、新しいメンタルトレーニングおよび技術トレーニングの手法としての効果も期待できる。

さらに、今回の試作で行った「広い意味での視野」の再生は、会場にいる選手から視聴者への一方向のものであるが、会場で競技をする選手と家庭ににいる視聴者の「広い意味での視野」を双方向に交換させる事が出来れば、従来には無い新しいコミュニケーションとしても期待できる。そして、選手のいる会場側から視聴者の存在を確認する事が出来るようになれば、自宅に居ながらにして海外などの遠隔地で開催される大会に出場できるようにもなる。

参考文献

- [1] 小此木, “'91 福岡国際マラソンにおける電子映像” テレビジョン学会技術報告, Vol.16, No.63, pp.1-6, (1992)
- [2] 並川, 宮本, 佐々木 “マラソンランナーのピッチ、ストライド計測システム” テレビジョン学会技術報告, Vol.15, No.45, pp.1-6, (1991).
- [3] 佐々木, 並川 “汎用 DSP を用いたマラソン画像処理システム” テレビジョン学会誌, Vol.45, No.10, pp.1230-1239, (1991).
- [4] Noma, H., Miyasato, T. “Design for Locomotion Interface in a Large Scale Virtual Environment ATLAS: ATR Locomotion Interface for a Active Self Motion” ASME-DSC-Vol.64, pp.111-118 (1998).
- [5] 中川, 大須賀, 竹田 “VE 酔い低減手法の開発に向けて—4 面 CUBE 型立体映像提示装置と 6 軸モーションを用いた予備的検討—” ヒューマンインターフェース学会報告集, Vol.1, No.1, pp.21-24, (1999).
- [6] 竹内 “方向感覚と方位評定、人格特性及び知的能力との関連” 教育心理学研究, Vol.40, No.1, pp.47-53, (1992).

表1 ランナーの広い意味での視野の種類とその実現方法

広い意味での視野	視聴者への提示方法
走行している感覚	実際に走行する。
周囲の景色	実際に選手の見ている狭い意味での視野を画面に再生する。
周囲に聞こえる音	会場の音場を再現する。
身体の疲労感	心拍数、呼吸の比較により運動感覚の再生を調整する。
風のコ覚	送風する。
気象のコ覚	気温、湿度の再現。
背後の選手の気配	見えないものに対する感覚（触覚、嗅覚、聴覚）の再現。
走行の爽快感	以上の感覚を総合した結果再現される。

表 2 体験に対する五段階評価の質問、回答内容

質問	質問項目	評点	回答内容
A	今回の体験は	1: 2: 3: 4: 5:	非常に辛かった 少し辛かった どちらでもない 少し楽だった 非常に楽だった
B	周囲の状況は	1: 2: 3: 4: 5:	まったく理解できなかった あまり理解できなかった どちらでもない 少し理解できた 非常によく理解できた
C	今回の走行は	1: 2: 3: 4: 5:	非常に重苦しかった 多少重苦しかった どちらでもない 多少軽快だった 非常に軽快だった
D	今回の体験は	1: 2: 3: 4: 5:	もう体験したくない 少し過剰 どちらでもない 少し足りない もっと体験したい
E	今回の体験は	1: 2: 3: 4: 5:	非常に気持ち悪かった 少し気持ち悪かった どちらでもない 少し気持ち良かった 非常に気持ち良かった
F	今回の体験は	1: 2: 3: 4: 5:	非常に苦痛だった 少し苦痛だった どちらでもない 少し楽しかった 非常に楽しかった
G	今回の体験は	1: 2: 3: 4: 5:	まったく興奮しなかった あまり興奮しなかった どちらでもない 少し興奮した 非常に興奮した
H	今回の体験は	1: 2: 3: 4: 5:	非常に平凡だった 少し平凡だった どちらでもない 少し新鮮だった 非常に新鮮だった
I	今回の体験は	1: 2: 3: 4: 5:	まったく面白くなかった あまり面白くなかった どちらでもない 少し面白かった 非常に面白かった

表3 単語数の統計的比較 (t 検定 (両側検定))

手法	自由度	T 値	有意水準 5%での判定
提案手法と従来手法	19	0.426	有意差なし
提案手法と対照手法	19	0.690	有意差なし
従来手法と対照手法	18	1.149	有意差なし

なお、各手法でのデータは正規分布に従うと仮定し、F 検定により有意水準 5%での母分散は等しい事を確認した。

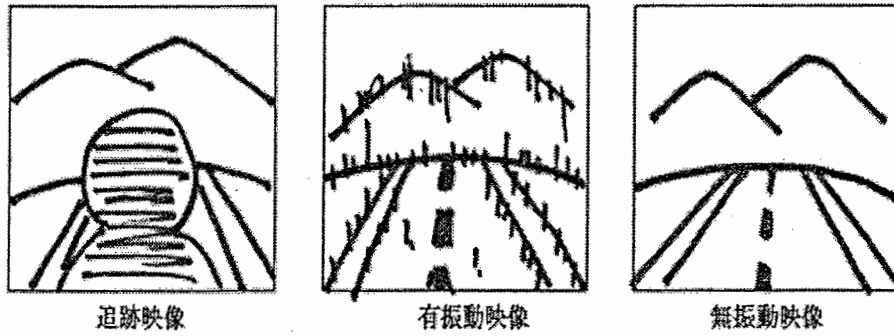


図1 3つの映像

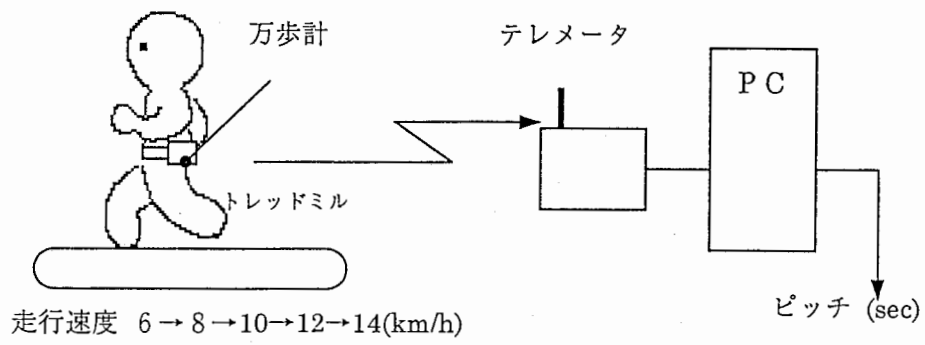
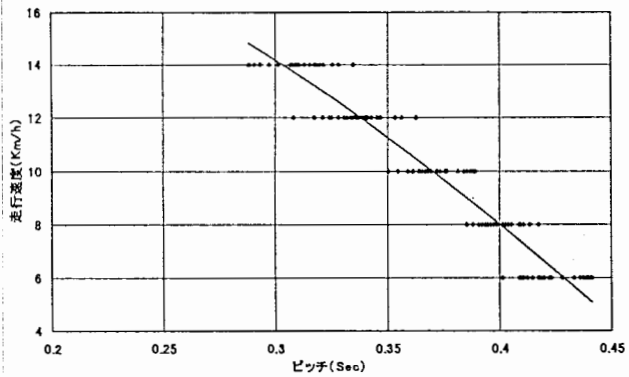
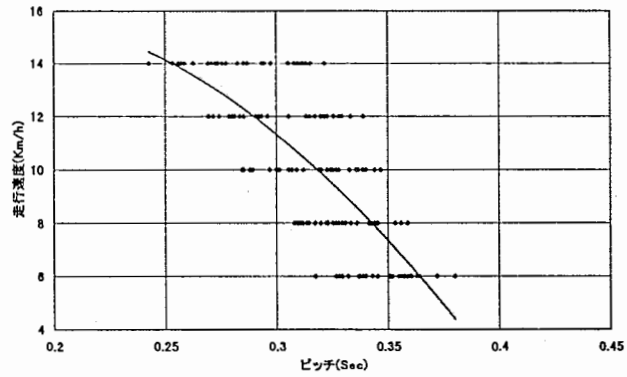


図2 ピッチと走行速度の関係調査実験環境

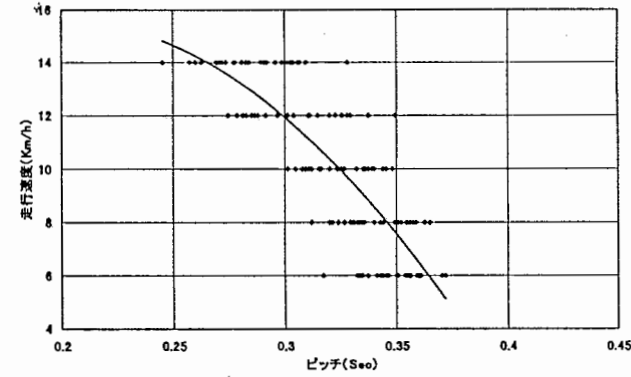
被験者A



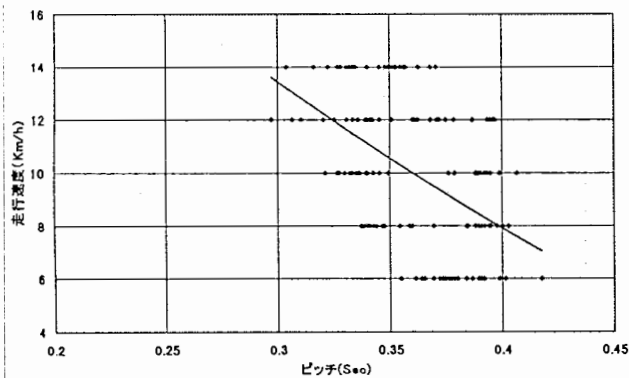
被験者D



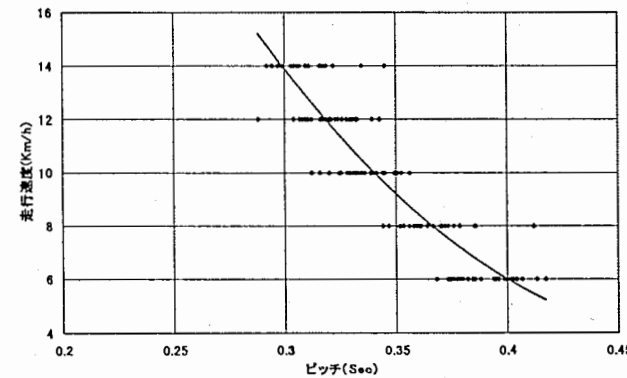
被験者G



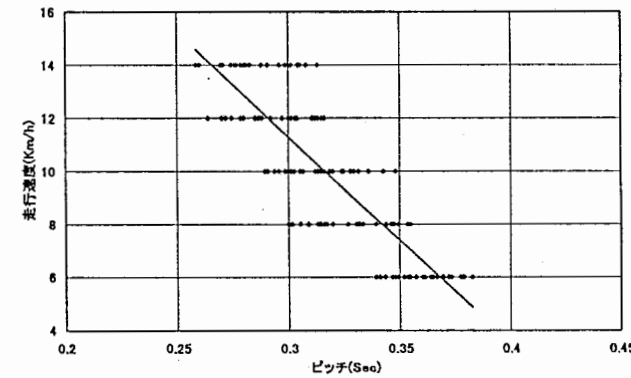
被験者B



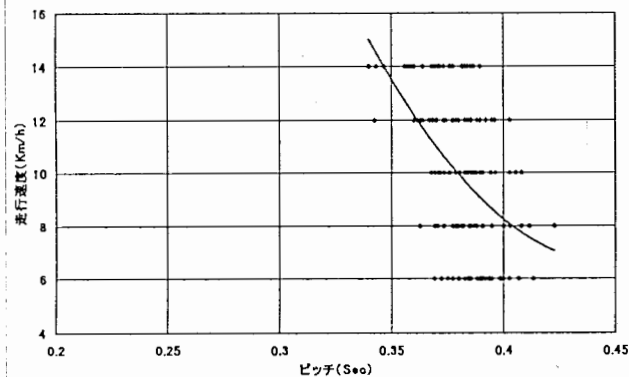
被験者E



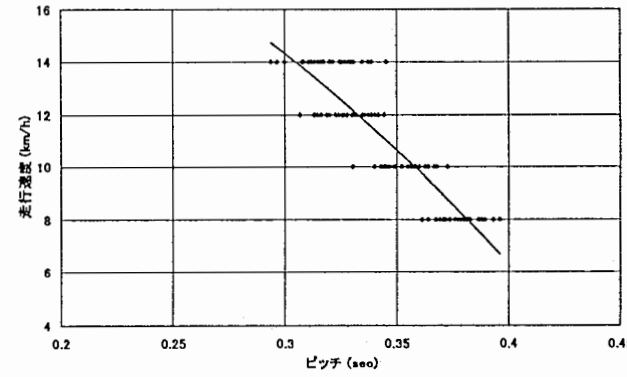
被験者H



被験者C



被験者F



被験者I

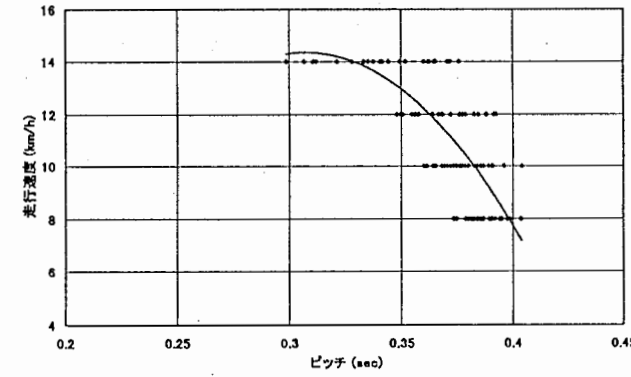


図3 走行速度とピッチの関係についての実験結果

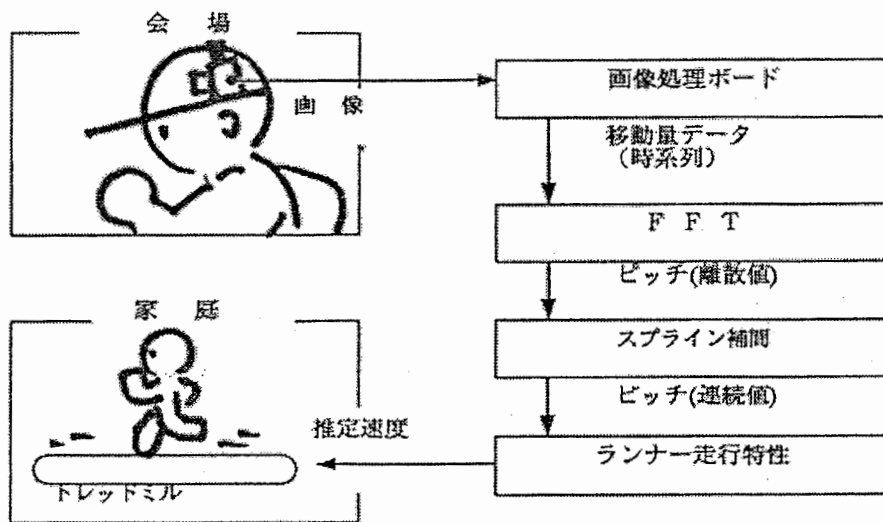


図4 速度推定手順

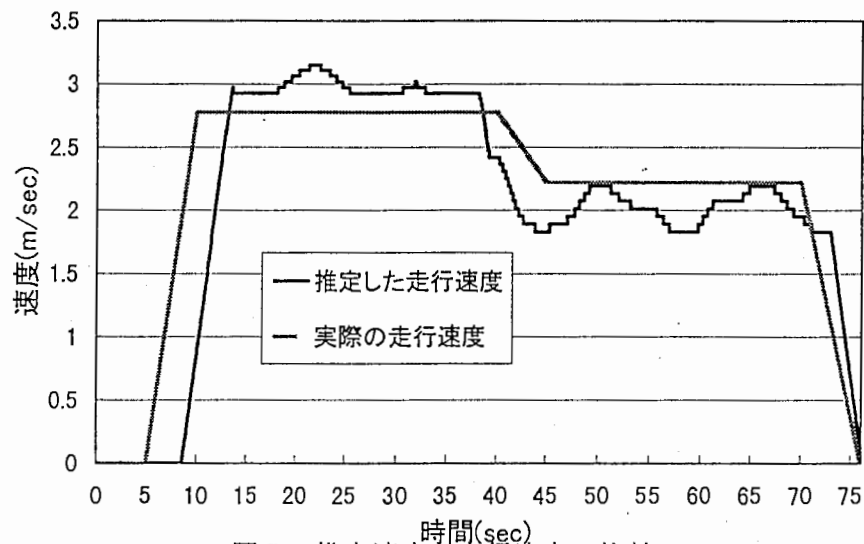


図5 推定速度と走行速度の比較

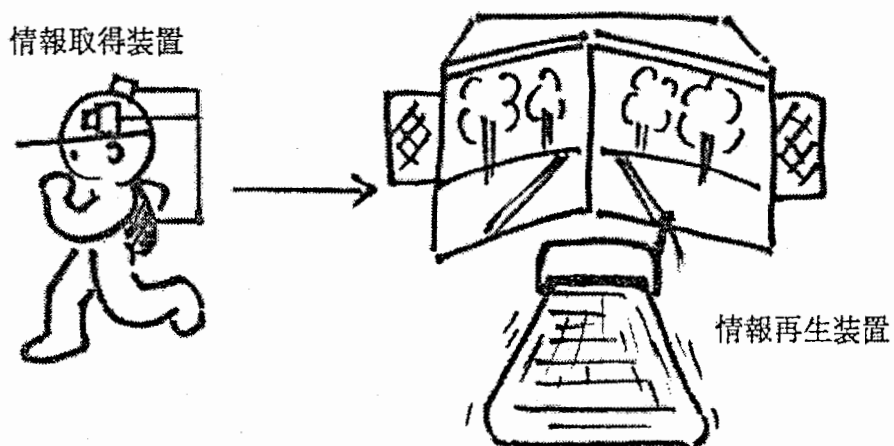


図6 試作装置

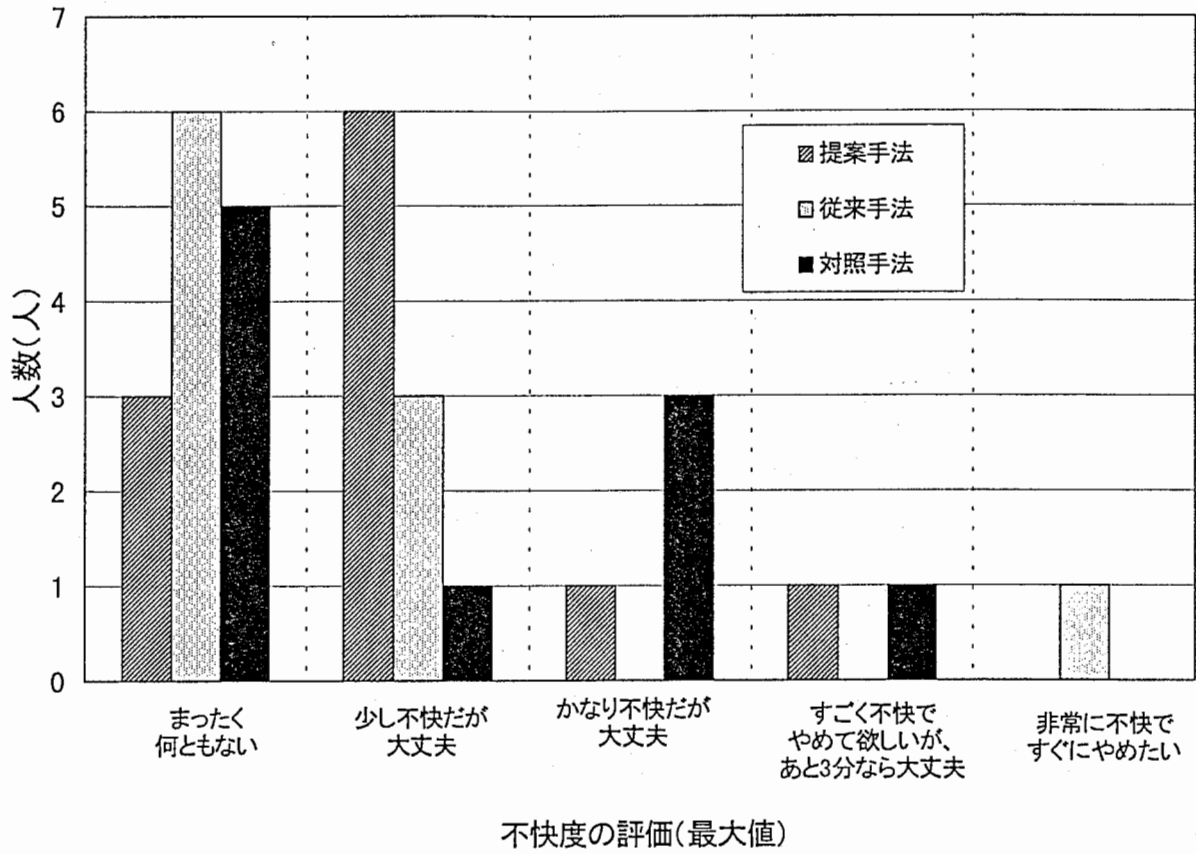


図7 不快度に対する五段階評価

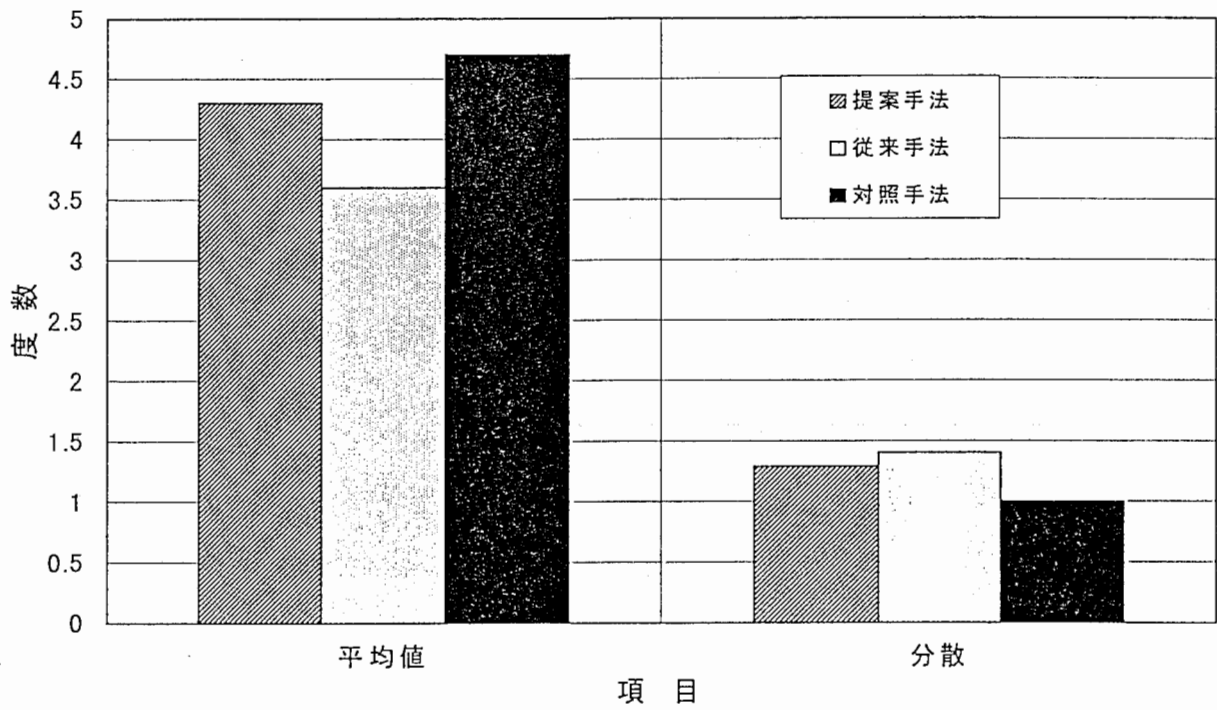
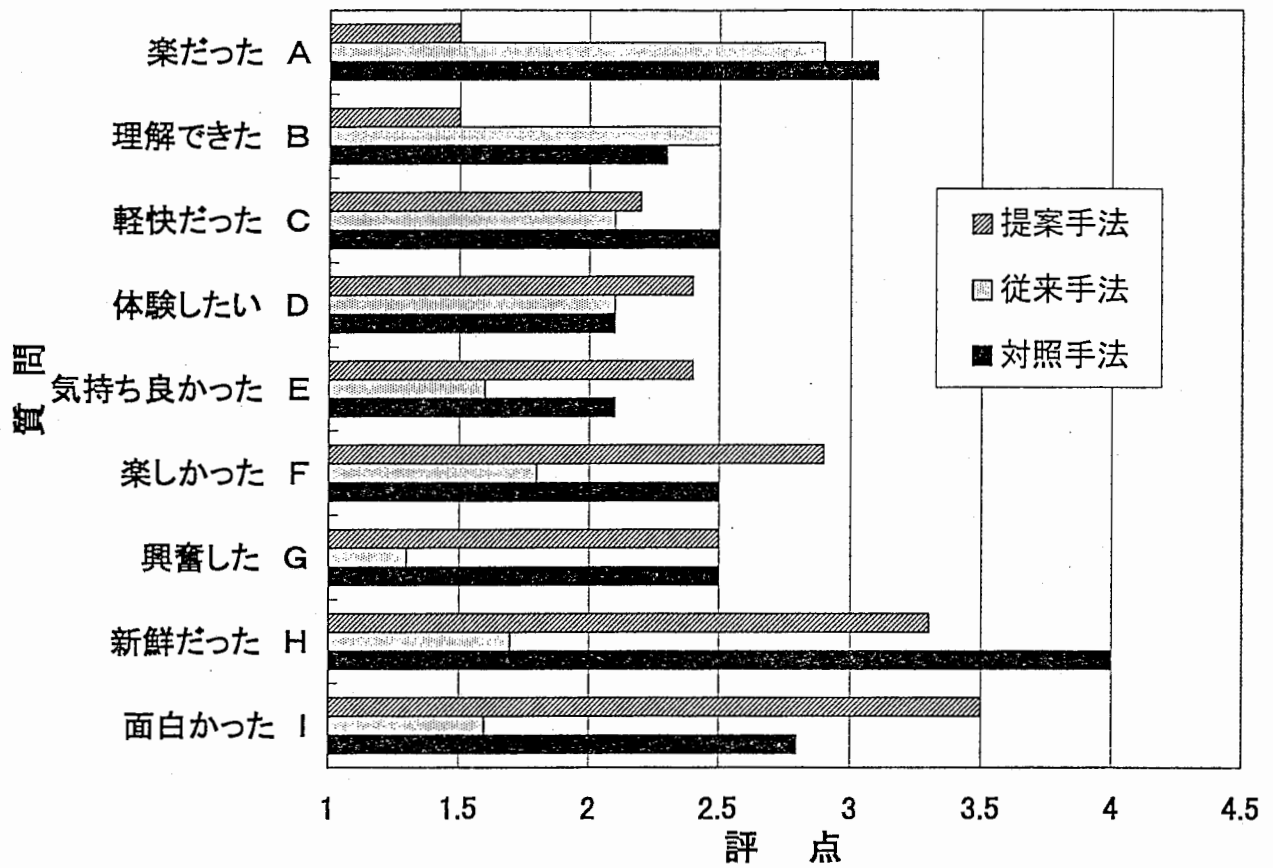
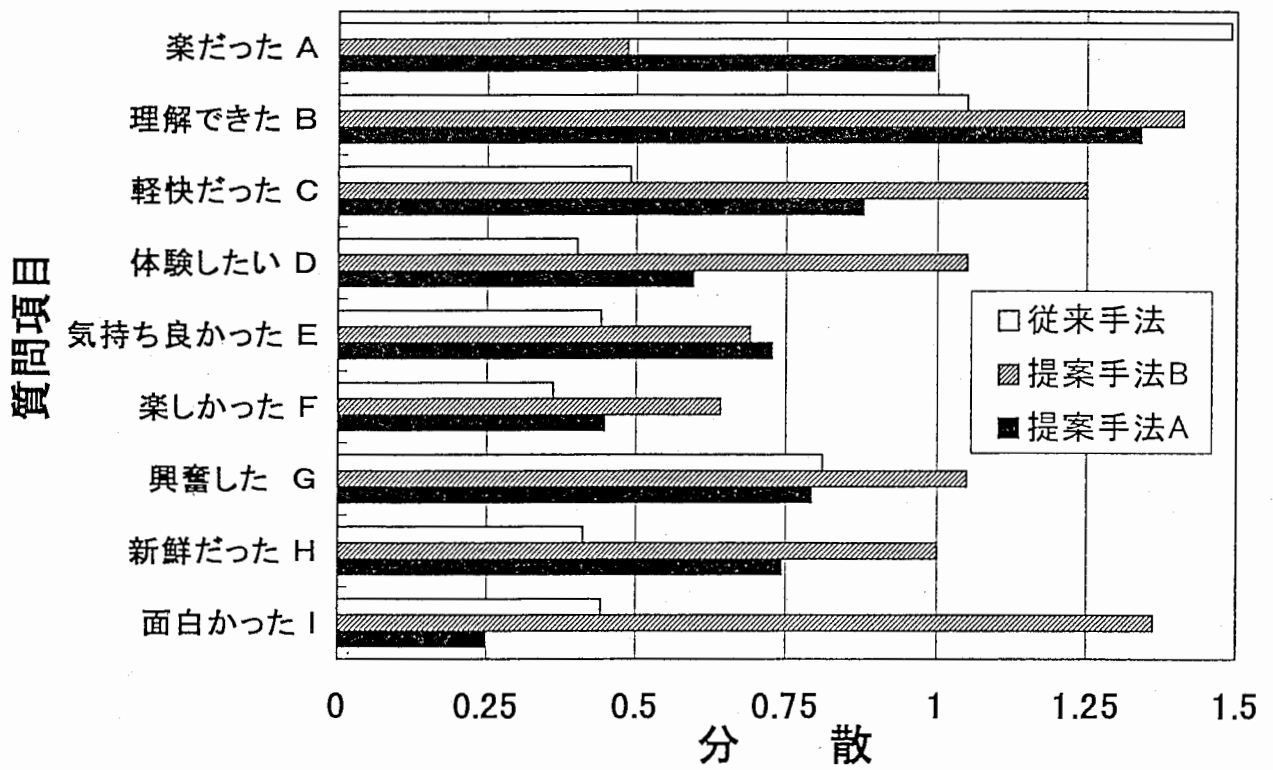


図8 周囲の状況の理解度調査結果



(1) 評点の比較



(2) 分散の比較

図 9 体験の感想についての質問集計結果

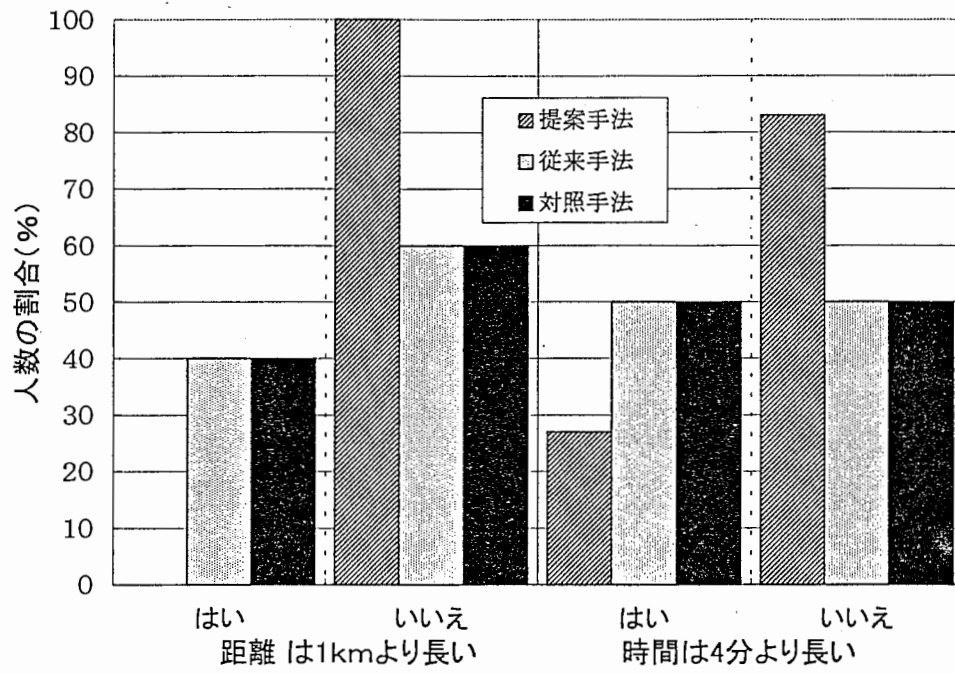


図 10 体感時間、距離に対する評価

