

II-20 マルチメディアを用いた速度推定について

トピー工業株式会社 技術研究所

山田 聡

トピー工業株式会社 鉄構事業部 技術開発部

林 健治

【抄録】最近のコンピュータの処理能力の向上により、特殊な機材を必要とすることなく、パーソナルコンピュータ上でテレビ画面の規格（NTSC, 640×480pixel）サイズの画像を1秒間に30枚書き換えることができるようになった。その結果、コンピュータ画面上で民生用のビデオデッキとかわらない品質と滑らかさで動画が処理できることになり、映像記録がデジタルデータとして取り扱うことが可能になった。本報告では、重錘衝突試験に高速ビデオカメラを用いた撮影を行い、それをパソコンに動画として取り込むというマルチメディアを用いた処理を行い、衝突時の速度を推定した。また、高速ビデオカメラのタイムスタンプと照合して、推定された速度の妥当性を検証した。

【キーワード】高速ビデオカメラ、速度推定、映像処理ソフト、マルチメディア

1. まえがき

最近のコンピュータの処理能力の向上により、コンピュータの画面上での画像処理は飛躍的に発展してきている。特に、動画の処理についてはめざましいものがあり、特殊な機材を必要とすることなく、パーソナルコンピュータ上でテレビ画面の規格（NTSC, 640×480pixel）サイズの画像を1秒間に30枚書き換えることができるようになった。その結果、コンピュータ画面上で民生用のビデオデッキとかわらない品質と滑らかさで動画が処理できることになり、映像記録がデジタルデータとして取り扱うことが可能になった。

本報告では、重錘衝突試験に高速ビデオカメラを用いた撮影を行い、それをパソコンに動画として取り込んで、分析を行い、衝突時の速度を推定した。また、高速ビデオカメラのタイムスタンプと照合して、推定された速度の妥当性を検証した。

2. 衝撃試験の概要と本計測の目的

試験はコンクリート製の壁の耐衝撃性を求めるもので、6.7tの重錘を落下高さを変えながら壁に衝突させた。その概要を図-1に示す。耐衝撃性は一般に吸収エネルギーで評価されるので、それを求めるために、衝突前後の正確な速度が必要となる。衝突前の速度は、自由落下する物体の速度として物理公式によりある程度は推定できるもの

の、重錘、吊りケーブル、ヒンジ部などの摩擦等、種々の抵抗によるロスがあるため、これを正確に求める必要がある。また、壁に吸収されるエネルギーを求めるためには重錘が衝突後に跳ね返る時の速度も計測する必要がある。したがって、本試験では衝突前後の速度を求めるために、高速ビデ

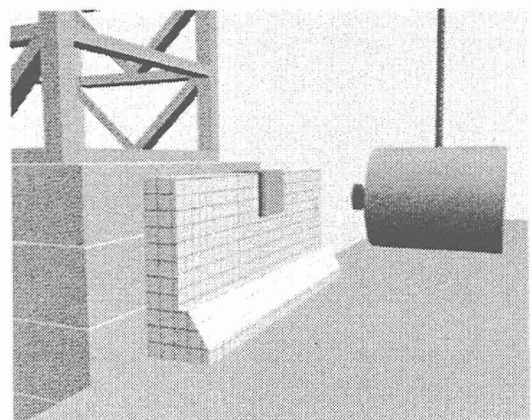
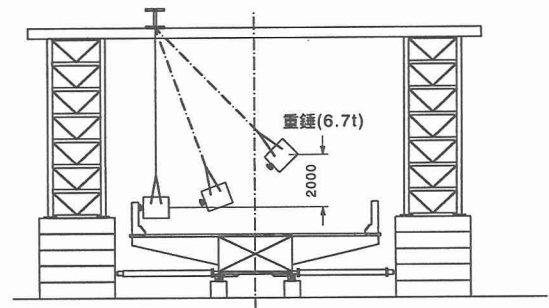


図-1 重錘衝突試験の概要

オカメラを用いた撮影を行った。また、この画像をパソコンに取り込んで分析し、速度推定が十分な精度で可能かどうかを検証することで、画像処理による方法の適用性を確認した。

3. 計測方法とその特徴

3.1 高速ビデオカメラの特性および映像処理システムの仕組み

通常のビデオカメラは 1 秒間を 30 コマに分けて映像を記録していくが、今回用いた高速ビデオカメラでは 1 秒間を 250 コマに分けて映像を記録した。この記録映像は通常の S-VHS 規格のテープに録画されており、テレビ画面などで実際の現象を約 1/8 の速度で観察することができる。通常はこれを見ながら、速度推定を行う。

一方、ビデオ画像を取り込むシステムは、パソコンにビデオキャプチャカードを追加してビデオを接続し、動画像を保存・再生するために高速でアクセスが可能なハードディスク、さらにビデオを取り込んで編集するソフトウェアで構成されている。今回用いたシステムを図-2 に示す。そして、これらの詳細を表-1 に示す。

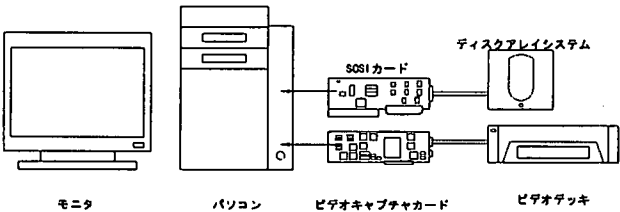


図-2 ビデオ取り込みのシステム

表-1 使用機器詳細

	使用機器
＜高速ビデオカメラ＞	HSV-500
	500コマ/秒, 250コマ/秒, 125コマ/秒, デジタル出力
＜パソコンの構成＞	
本体	PowerMacintosh 9600MP (CPU:PowerPC 200MHz×2)
OS	MacOS 8.5.1
ビデオキャプチャカード	TARGA2000PCI
記憶装置	Hammer4GB Ultra SCSI-3(40MB/s) RAID0
使用ソフト	Adobe Premier 5.1

また、ビデオのキャプチャーのための条件を以下に示す。

- 1)NTSC フルモーションキャプチャービデオカードであること
- 2)画像の転送レートが 3.0～4.5MB/s であること
- 3)HD の転送レートが 20MB/s 以上であること

3.2 計測結果の処理手順

計測結果の検証にあたり、重錘衝突の瞬間を撮影してから、速度推定までの作業手順を図-3 に示す。測定法 1 に高速ビデオカメラの映像から直接速度推定する方法を、測定法 2 に映像をパソコンに取り込んで分析する方法を示す。

ビデオから取り込んだファイルを保存する場合、フルモーションキャプチャーで、10 分間あたり、2GB のディスクスペースを要する。今回の計測では、一度の衝突につき、2 分間のキャプチャーを行った。

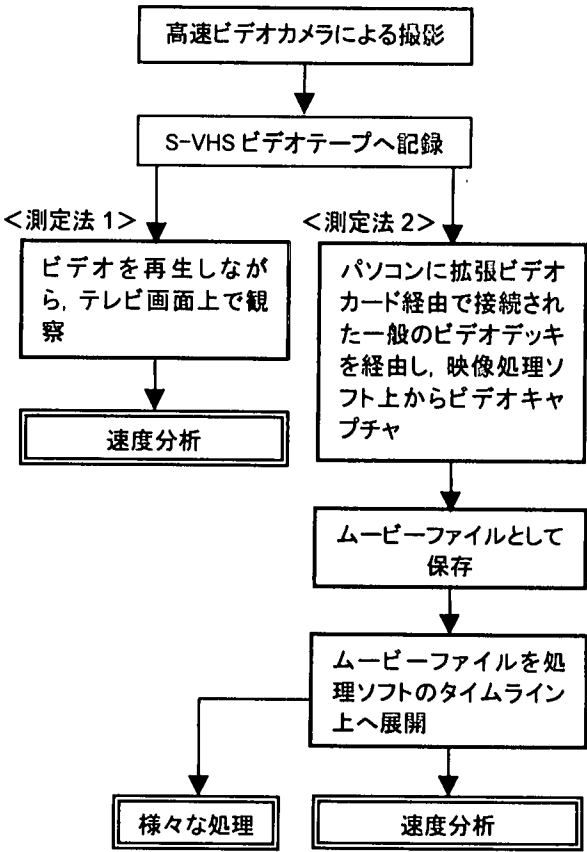


図-3 速度推定の処理手順

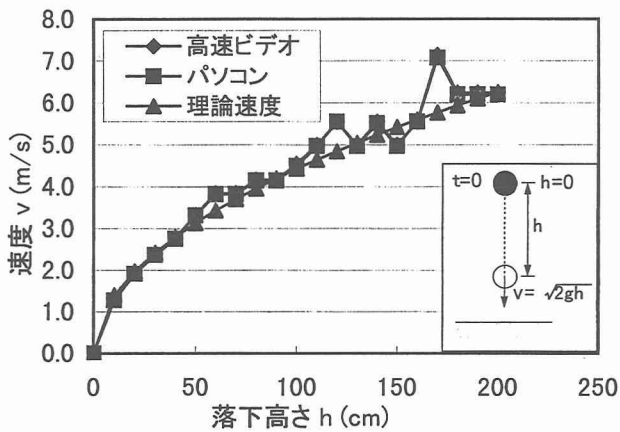


図-4 自由落下する物体と高速ビデオの検証

4. 映像処理の結果

4.1 自由落下する物体による検証

実験の計測に先立ち、高速ビデオカメラの検証のために、小さな重りが高さ 250cm から自由落下する様子を撮影して、理論速度との対応を行った。250cm の落下範囲を撮影し、640 ピクセルの領域でキャプチャーして、理論速度との対応を検証したところ、落下量が 100cm までは高速ビデオカメラからの分析、パソコンからの分析ともに理論値に良好に一致したが、100cm を越えると、ばらつきが大きくなった。これは、落下距離が大きくなると一定距離の移動に要する時間が短くなり、高速ビデオカメラの最小撮影単位 (0.004s) の読み取り誤差が反映されるものと考えられる。従って、本実験の範囲内では、物体速度は約 6m/s が精度を保てる限界と考えられる。

次に、重錘の落下高さ $h=2130\text{mm}$ を例にとり、衝突時の理論速度を自由落下として計算すると、 $v=(2gh)^{1/2}$ より 6.46m/s となる。この値と実験値との比較を行う。

4.2 各計測法の結果

4.2.1 計測法 1

本測定法では、高速ビデオカメラの映像記録の画像上に残されたタイムスタンプ、および重錘背後に設置したスケールにより、(移動距離)/(経過時間)で重錘の衝突速度を求める。高速ビデオカメラの撮影サンプルを図-5 に示す。このときの衝突時の速度を推定すると約 5.62m/s となる。こ



図-5 高速ビデオカメラの撮影サンプル

れは、重錘が自由落下したと考えたときの理論値の約 87%となり、誤差は摩擦等のロスが考えられる。

4.2.2 計測法 2

一方、ビデオをパソコンに取り込んで、画像処理ソフト上に一連の連続画像として展開した分析状況を図-6 に示す。移動距離を経過時間 (ここではコマ数) から求めた結果は約 5.53m/s となった。これは理論値に対して約 86%であり、高速ビデオカメラからの推定結果との誤差は 1%程度である。図-7 に高速ビデオカメラからの分析結果とパソコンからの分析結果の衝突前後の速度推定結果を示す。

4.2.3 考察と付記すべき点

一連の分析を行った結果、高速ビデオカメラによる推定とビデオの取り込みによる分析では、ほぼ同等の値が得られた。したがって、ビデオの取り込み画像による分析で十分な速度推定ができるといえる。特に、速度算出にあたり、衝突直前の数箇所をサンプリングしたところ、計算結果の速度のばらつきは高速ビデオカメラから直接計る方法よりも、一旦パソコンへ取り込んだ画像から計算するほうが小さいことが分かった。

精度の点については、本計測で推定する速度は約 6m/s であるため、先に行った自由落下する物体での検証結果より、十分な結果が得られていると判断できる。

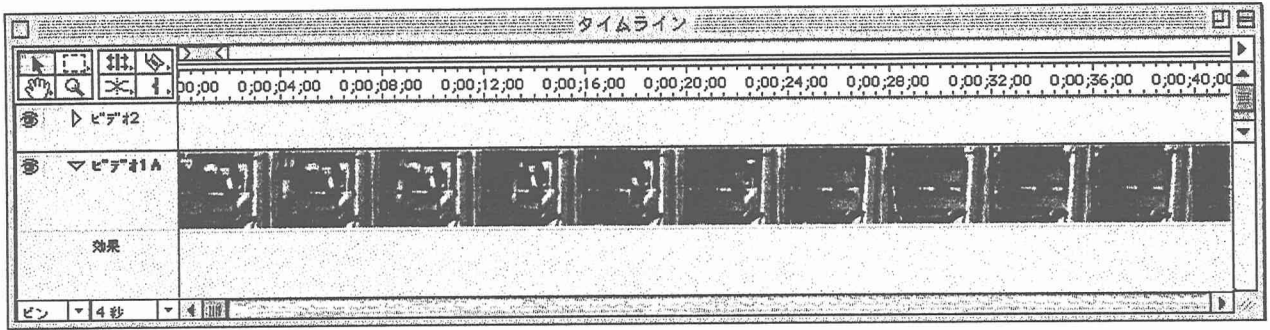


図-6 画像処理ソフトの画面

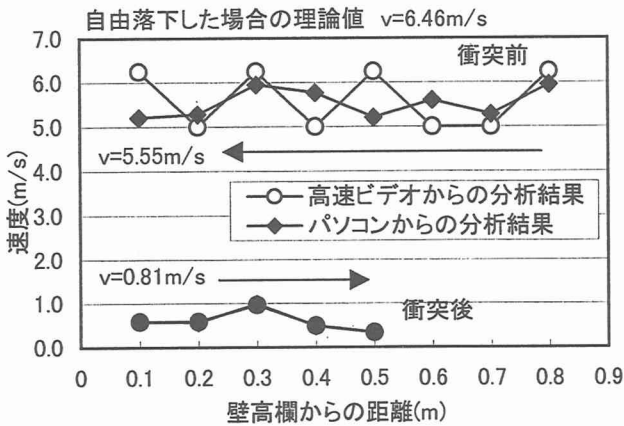


図-7 測定法による推定値

5. コンピュータ上で動画処理を行うメリット

結果の分析手順に関して、両者の方法に以下のような特徴があるといえる。

1)ビデオデッキを用いた分析

①機器はモニタとビデオデッキだけであり、手軽である。

②一旦停止、再生の繰り返しが多く、ハンドリングが良くない。

③高性能なビデオデッキを用いないと一旦停止中の画像の品質が落ちる。

2)パソコンを用いた分析

①ソフトウェア上で映像のコマを分解し、並べて表示するので、視覚的に判りやすい。

②ムービーファイルで保存するなど、一旦データ化してしまえば、後処理が容易である。

③静止画像の乱れはない（拡大処理が可能）。

④パソコンや拡張カードなど、機材のセッティングがやや煩雑である。

6. まとめ

本試験を通して、高速ビデオカメラと映像処理ソフトを用いたマルチメディアによる動画画像処理によって以下の結果が得られた。

1)衝突速度を高速ビデオカメラの画像から直接計算する方法と、パソコンに取り込んで計算する方法を比較した結果、両者にはほとんど差がない。ただし、ばらつきはビデオカメラから直接計算するほうが大きかった。

2)速度計算のための移動距離や経過時間の判断にはビデオを見ながら行う方法よりも、一旦パソコンに取り込んでから行う方法のほうが、作業の手間が少なく効率的である。

3)動画をデータでもつことにより、静止画像の抽出、拡大、縮小や異なるフレーム間の比較など、加工や再利用の点でパソコン上で処理する方法のメリットは大きい。

以上の計測結果の検証により、物体の速度計測にあたっては、計測対象及びその範囲について、高速ビデオカメラの分解能から推定される範囲の試験撮影とキャプチャー画像による検証を行うことで、パソコンに動画をとり込んで分析・速度推定を行うことが可能である。

謝辞

最後に、本計測にご支援頂いたオリックス・レンテック(株)神戸技術センター技術一課主任 藤田通氏に記して謝意を表します。