

レーザ干渉計を用いた衝撃加速度校正技術



野里 英明

のぞと ひであき
hideaki.nozato@aist.go.jp
産業技術総合研究所
計量標準総合センター
工学計測標準研究部門
強度振動標準研究グループ
主任研究員

2004年東京大学大学院新領域創成科学研究科終了。博士(科学)。大阪大学大学院工学研究科特任研究員を経て、2005年産業技術総合研究所入所。入所後は、高周波振動計測と衝撃計測に関する計測技術の研究開発に従事。

共同研究者
白田孝(産総研)、大田明博(産総研)、穀山渉(産総研)

本研究は、ISO/TC108/WG34国内委員会、および国内自動車業界の協力をを受けて実施したものです。

パルス的な高加速度計測の信頼性を確保するため、レーザ干渉計を用いた衝撃加速度の測定技術および加速度センサの高精度な校正技術を開発した。高感度なヘテロダイン式レーザ干渉計を導入し、独自のデジタル信号処理技術を用いた加速度の算出や低周波ドリフトの補正により、トレーサブルな加速度センサ単体の評価方法を確立した。これら技術の開発により、電子部品の耐衝撃性評価や自動車衝突実験における安全性評価など、安全性を担保するさまざまな衝撃試験への適用が期待される。

はじめに

衝撃とは、瞬間的に大きな力を物体に与えることである。電気・電子機器の製品への衝撃試験方法[1]や自動車の衝突実験における計測機器のトレーサビリティ確保[2]および人体への安全性評価[3]などがあり、それら衝撃計測では加速度センサが用いられている。近年の動向として、国際自動車産業特別委員会(IATF)ではISO/TS 16949:2009をIATF 16949:2016として改定・発行し、品質マネジメントにおいて試験所の要求事項の準拠を必須としている。そのため、試験所はISO/IEC 17025に準拠することが必須となり、その結果、国家標準もしくはそれを供給する公的機関による評価の重要性が高まるようになった。そのような背景を受けて、低衝撃加速度の国際基幹比較CCAUV.V-K4が実施中であり、その国際同等性にかかる最終報告書が今年中に発行予定となっている。

当研究グループでは、ISO 16063-13に準拠して、衝撃加速度を用いて加速度センサを評価するために、表1に示す仕様の通り、低衝撃加速度測定装置(図1)と高衝撃加速度測定装置の2種類を保有している。低衝撃加速度ではエアベアリングで保持された2つの金属を剛体衝突させることでミリ秒オーダーの半正弦波を発生させ、高衝撃加速度では長い剛体中に一次元弾性波を伝ばさせて、固定端での反射時に数十マイクロ秒オーダーでダブルパールの高加速度を得る。加速度センサの受感面を直接計測することはできないため、その近傍の変位をレーザ干渉計で高精度に計測して、加速度センサに印加される入力加速度と出力値を比較することで加速度センサは校正される。本稿では、主に低衝撃加速度に関する開発内容について紹介する。

表1 低衝撃加速度と高衝撃加速度の仕様

	上限加速度	不確かさ
低衝撃	-10,000 m/s ²	0.2 %
高衝撃	-300,000 m/s ²	評価中

加速度センサと信号変換器

加速度センサは、ばねと錘で構成されており、個々のセンサの電氣的出力は設計値と完全に一致しないため、感度(入力加速度当たりのセンサ出力)とその不確かさを評価する必要がある。ばねの部分には、金属箔やコンデンサなどが用いられることもあるが、一般的には安定性の高い圧電素子が使用される。圧電素子は衝撃を受けた際に、錘の慣性力に追従して歪むので、その際に電荷を出力する。衝撃加速度を計測する加速度センサは、数十kHz以上に共振周波数をもたせる必要があるため、小型であることが多いので、高周波側に計測上の問題を有することが一般的である。(図2を参照)

信号変換器には、圧電型加速度センサから出力された電荷を電圧に変換する場合、チャージアンプを選択する。チャージアンプは、通常バンドパス特性を有する。高周波側では、チャージアンプの電気回路の限界は数百kHzにあるので、加速度センサ側の特性の方が問題になるが、低周波側のハイパス特性により、電圧のゼロ点にドリフトが生じる。(図3を参照)

レーザ干渉計を用いた測定系

加速度は長さ(変位)と時間の組立量であり、He-Neレーザの波長(632.8nm)を長さの基準として、加速度センサの変位の時間変化を測定することで算出される。2010年初頭までは高感度なレーザ干渉計がなく、変形マイケルソンタイプのホモダイン式レーザ干渉計で加速度センサの変位計測を行っていた。ホモダイン式では、干渉信号の強度が安定でなければならないことから、加速度センサに反射ミラーを取り付けていた。従って、ホモダイン式では加速度センサに付加質量を与えただけでなく、衝撃時における反射ミラーの弾性変形を考慮せざるをえなかった。