

## 超高速微粒子検出器開発（事象真偽判定）

宮地 孝<sup>1</sup>、藤井雅之<sup>1</sup>、武智誠次<sup>2</sup>、南 繁行<sup>2</sup>、小林正規<sup>3</sup>、岩井岳夫<sup>4</sup>、松本晴久<sup>5</sup>  
早大<sup>1</sup>、大阪市大<sup>2</sup>、日医大<sup>3</sup>、東大<sup>4</sup>、JAXA<sup>5</sup>

Event discrimination either true or false was studied based on an idea that the impact position should exist within a detector element. The element was fabricated with a piezoelectric PZT plate. Its surface contained a set of electrodes; a collector and four narrow electrodes. The narrow electrodes served to measure the coordinates during collision. If the coordinates lay within a sensitive region of the element, this event was tagged as “true”. When tagged “true”, the signal form from the collector was recorded to be analyzed later on. The proposed idea was discussed by bombarding the PZT element with hypervelocity carbon particles. The stand-alone PZT element was successful to categorize each event “true or false” and to record the output signal form from the collector.

背景。 全天に開口したその場計測ダスト検出器を開発している。検出器の概念は以下のように要約される：①ダスト集積は圧電性ジルコン酸チタン酸鉛（PZT）を母材とする正五角形素子で行う[1]。②自己完結的に事象の真偽を判定する。③真事象の場合衝突で形成された信号を波形の形態で保存する。④信号波形を地上に転送してオフライン解析を行う。

圧電性 PZT はリアルタイム型超高速微粒子検出器素子として有望である。実用のために広い範囲で検出器機能を維持することが要請される。他方 PZT 素子で観測される事象では次の問題が指摘されている：①圧電性 PZT は外部擾乱に対して敏感である。②PZT 素子出力が見かけ消失する（感度の砂漠化と仮称）。これらの問題は事象の真偽判断に影響する。本報告では“①外部擾乱”に関する真偽判定を論じる。

なお“②感度の砂漠化”による見かけ無衝突と誤認する問題は①の外部擾乱対策と同じ処法により緩和される。波及効果として後述する。

真偽判定方法。 自己完結的に事象の真偽を判断するために、微粒子衝突位置[2,3]と素子感度の有感領域との整合性に着目した。外部擾乱に起因する信号の場合信号発生位置を素子有感域にトレースできない。なおこれまでの研究から衝突事象の探査で衝突時間の確認が重要であった。この方法では衝突時間を自動的に計測したことになる。

機器構成。 この着想を検討・評価するために、検出素子と論理処理を一体とした測定装置を製作した。

素子について述べる。素子表面に複数の電極を配置した(図 1)。中心にダスト集塵に供する収集電極をおく。この電極は衝突で発生した縦波成分の寄

与を測定し、衝突時の物理量を得る[4,5]。素子端辺に独立に4個の小電極をおき、衝突で発生した横波の伝播時間を測定する。

信号処理回路について述べる(図 2)。各電極信号はそれぞれの増幅器 (AMP) で処理される。アナログ信号はフラッシュ ADC でデジタル化される。これらの信号は一時的に記録される。

信号波形の記録と座標値に関する判断はそれぞれ記憶回路と FPGA で行う。本報告では暫定的にパソコン (PC) を用いて試行した。

小電極の信号の処理について述べる。その振幅があるレベルを超えたものを取り出す。これらの信号の到達時間を計測する。

位置同定について述べる。横波速度から各電極からみた座標値を決定する。中心電極を含む面内で水平及垂直の発生位置が夫々きまる。これらの座標値が一点に集積されるか吟味する。この発生位置が素子有感領域内にあるものを“真”と標識する。

中心電極の波形信号について述べる。“真”と標識された事象に限り収集電極 C で観測された信号を保存する。

結果と結論。 機器テストのため HIT 加速器を用いた照射実験する。これは 3 月実施と割当てられている。この報告に間に合わないので、これまで実施された予備実験の結果の一部を報告する。最終報告は 3 月実験の結果を解析して専門誌に投稿する。

予備実験は HIT の微粒子加速器を用いて行った。照射粒子は炭素で加速電圧は 1 MV であった。この照射条件では衝撃力が弱く、相対的に環境雑音の影響が著しかった。衝突発光から数百のサンプルを抽出した。そのうち“真”と標識されたものは数イベントであった。結果の一例を図 3 に示す。

この図では収集電極で観測された信号及び同

時に発生した横波成分で4個の小電極で観測された信号を表示した。小電極で観測された信号の到達時間差から衝突位置が素子有感領域にあることが確認できる。収集電極からの波形は低速衝突で特徴的な衝突直後の衝突痕とそれに続く同相の遅延信号を波形として記録されたことを確認できる。

以上の結果から、位置測定により事象の真偽を自己完結的に判断できることを確認した。このことは PZT 素子だけで衝突時間を測定したことと同義である。ここで提案した方法により S/N 比不良の環境下であっても事象の真偽を判定し中心電極信号を選択的に記録できることを示した。

今後の計画。 本報告では暫定的に入手可能な通常の回路素子と PC でシステムを構築した。肯定的結果が得られたので、それらを所定基準の回路要素に置換する。消費電力抑制のため ADC 仕様と論理構成を検討する。なお機器実用に向けて、機器機能の改善のほかに、粒子の種類、速度、質量に関する多面的な校正実験をする。当該機器の実用化を検討する。

波及効果。 “②PZT 素子出力の見かけ無衝突” 対策について述べる。出力信号の波形は衝突速度に依存する[6]。低速衝突では衝突時から  $\mu\text{s}$  オーダー遅れて振幅の大きな信号が見られる。高速衝突では遅延時間が消失し、信号の位相が反転する。振幅だけに着目すると衝突速度が低からに高に遷移するある速度域で振幅が見かけ消失する“砂漠化”が起る。“砂漠化”は事象誤認の一つといえる。“砂漠化”の原因は不明であるが、その対策として、電極の分割方法は効果的である。実際図 3 で示されるように小電極から特徴的波形が観測される。従って衝突の実在と衝突時間が認識できるので、砂漠化の影響は緩和される。なお広い速度域にわたる実験的検証を MPI-K で行う予定であったが、来年度に行いたい。

#### 参考文献

- [1] T.Miyachi et al., Adv. Space Res. **41**, 1147, 2008.
- [2] T.Miyachi et al., Jpn. J. Appl. Phys. **47**, 3772, 2008.
- [3] S.Takechi et al., Rev. Sci. Instrum. **798**, 043303, 2008.
- [4] T.Miyachi et al., J. Appl. Phys. **98**, 014110, 2005.
- [5] T.Miyachi et al., Adv. Space Res. **35**, 1263, 2005.
- [6] T.Miyachi et al., Appl. Phys. Lett. **86**, 234102, 2005.



Fig.1. Arrangement of the electrodes on the surface of PZT element. The size is 40x40x1 mm<sup>3</sup> and the width of the four small electrodes is 2 mm.

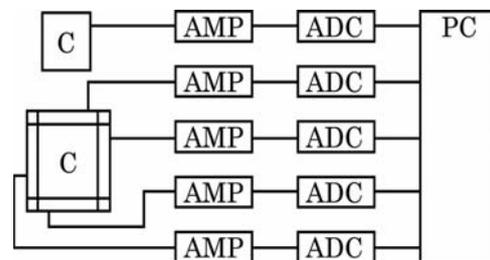


Fig.2. Stream of signals. Memory and FPGA devices are temporally replaced with a personal computer PC for the present purpose.

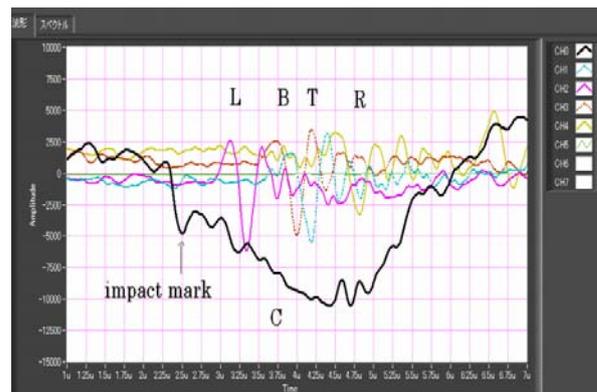


Fig.3. Output signals are displayed on the screen of PC. L, B, T, and R indicate signals from the left, bottom, top, and right electrodes, respectively. C is the signal from the central electrode shown in Fig.1. “impact mark” indicates timing when a particle struck the central electrode.