

多チャネル A E 標定システムの開発

Development on a Multichannel AE Location System

山口 楠雄*・市川 初男*・嶋田 淑男*・阿藤 寿孝*

Kusuo YAMAGUCHI, Hatsuo ICHIKAWA, Toshio SHIMADA and Hisataka ATOH

1. まえがき

この多チャネル A E 標定システムの開発は巨大構造物の破壊予知情報の収集と標定に関する研究としてはじめられたものである。アコースティック・エミッション (AE) についての本所における研究についてはすでに多く発表されており¹⁾、また第2次臨時事業の昭和49年度における研究経過、研究の目的ならびに計画等についてはすでに昨年の特集において報告した¹⁾

昭和49年度においては、それまでに本研究所において設計製作した9チャネルの標定システムをもとにしてさらに多チャネル化、高性能化することを目的としたハードウェアシステムの研究・開発を行い、9チャネルずつに時間差計測装置をユニット化して増設できる方式を設計し、とりあえず2ユニットのハードウェアを作製した^{12), 14), 15)}

昭和50年度においては、この18チャネルの装置の動作試験を行うとともに増幅器、センサ等の改良を行い、ハードウェアの性能が予期した通り満足すべきものであることを確めた。一方、ソフトウェアについては従来開発してきた演算標定方式の処理速度をさらに高め、3センサ受信と4センサ受信の両方の場合に有効に使用できる方式について検討し、テーブル・ルックアップ方式の特徴を一部取入れた補正係数方式を新たに開発した。

以上のハードウェアならびにソフトウェアによる標定システムを用いて圧力容器の静圧破壊試験に参加した結果すぐれた成果を得ることができ、すでに報告した繰返し疲労試験¹³⁾に加えて貴重な経験を得ることができた。

以上の試験結果等については現在整理中であり、またこのシステム自体も経費等の制約からなお不備な点もありさらに昭和51年に予定している研究、改善に待つべき点も少くないがとりあえずここでは現在までの段階における報告を行いたい。

2. 今までの研究計画と経過

前回にも述べたように A E 標定システムの開発に關

係する問題点あるいは研究課題としては、A E の発生機構、A E 波と伝播、センサおよびその配置と取付方法、定量的計測と標準化、雑音の除去あるいは影響を防止するハードウェアおよびソフトウェア、パフォーマンスの高い標定システム、標定結果の統計的処理および判定、標定結果と欠陥の状態との対応、結果の表示および蓄積、システムの評価およびシステム間の比較、苛酷な環境における信頼性など多種多様に渡っている。本所では、これらの中でまず雑音除去、標定および統計処理などのハードウェアおよびソフトウェアの高性能化をはかることに重点を置いた大規模化できる多チャネルのシステムを製作することに昭和49、50年度の目標を置いた。これと同時にセンサ、フィルタなどの検討評価と A E についての基礎的な研究、標準化なども引続き研究する方針を立ててきた。

計画の中で前者の目標に対してはまえがきでも述べたように18チャネルの時間差計測装置を49年度に設計製作した。これは現在のICUのままでは72チャネルまで9チャネルのユニットにより容易にチャネル数の増加が行えるシステムになっている。さらに50年度にはこのハードウェアを動作させるより高性能のソフトウェアを開発した。

後者の目標に対してはプリアンプの低雑音化などの研究などを行うとともに材料、センサ関係の研究室と協力して基礎的な研究を続けている。この目標はこの前の報告でも述べたように引続いて研究がなされるべきものであろう。なお前者の標定システムについてもさらに開発を予定している。

3. 標定ハードウェア・システム

標定ハードウェアの時間差計測装置、インタフェース・コントロール・ユニット (ICU)、CPUなどの部分の写真を図1(b)に示す。比較のためにこのシステム以前に開発し、繰返し疲労試験などの実験に使用してきたユニット化されていないシステムの写真を図1(a)に示す。

図1(b)のシステムについてはすでに報告も行っているがその概要を説明する。このシステムの時間差計測装置は図2のブロック図に示すごとく9チャネルのユニットごとに増設でき、図1(b)の左側の白いパネルの

* 東京大学生産技術研究所 第3部

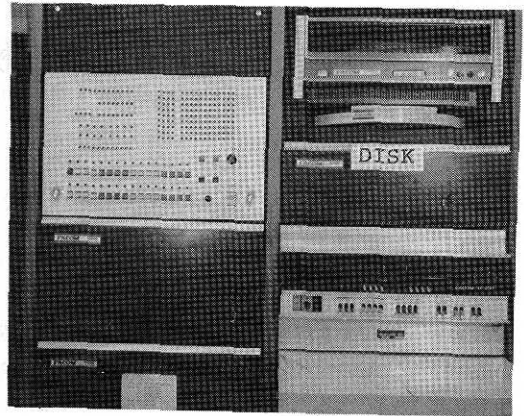
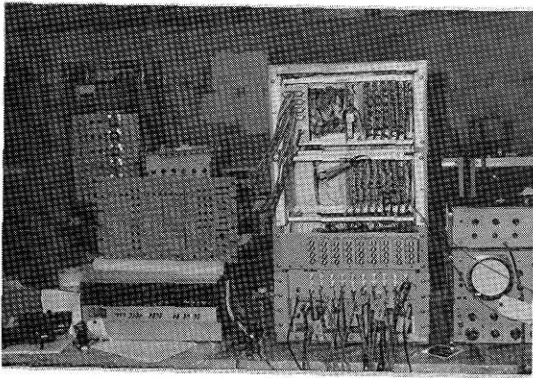


図1 AE測定システム

(a)ユニット化されない従来のシステム, 原子炉模型
圧力容器の繰返し疲労試験に使用中の写真

(b)ユニット化された今回のシステムの写真

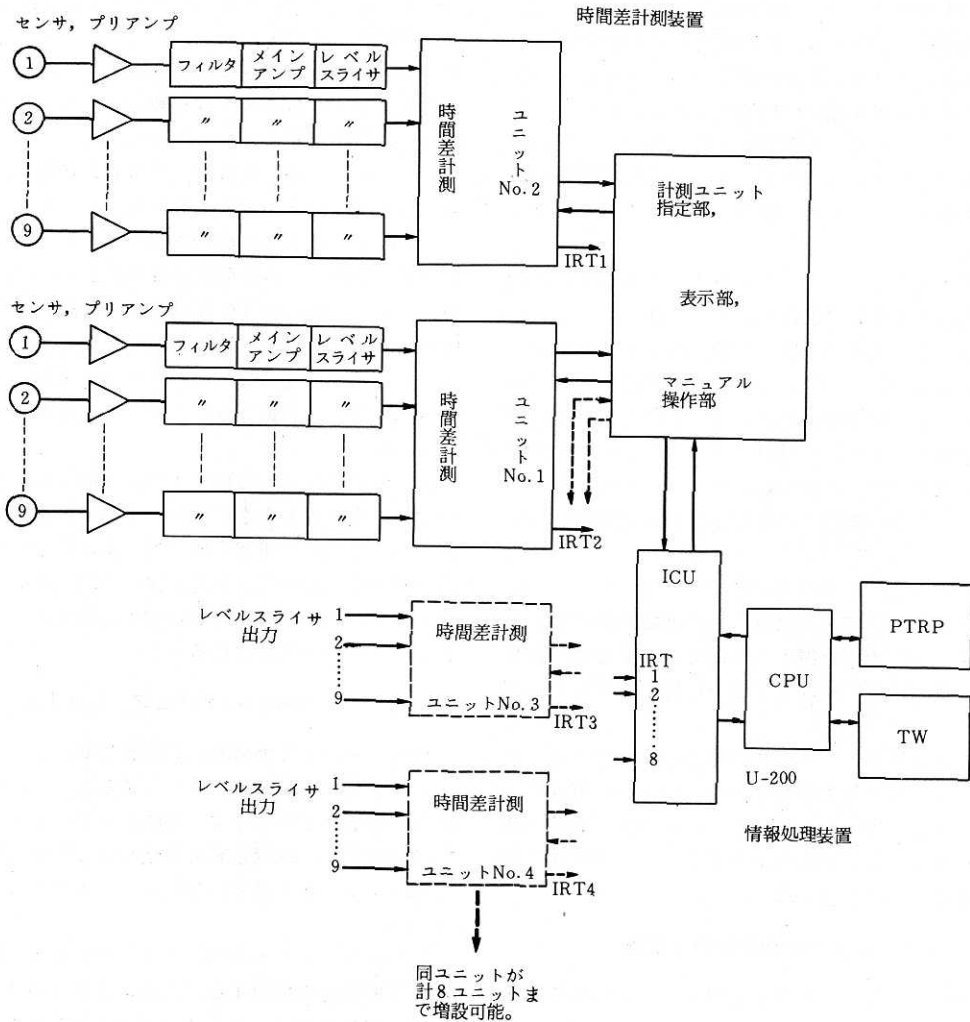


図2 ユニット化された時間差計測装置を含むAE測定システムのブロック図

キャビネット中に2ユニット分の装置と4ユニットまで切換えて使用できる1ユニット分の表示盤および試験のためのマニュアル操作スイッチが収納されている。各ユニットは独立の制御部を持ち、CPUからICUおよび計測ユニット指定部を経て別個に最大計測時間 T_{MAXS} 、クロック・パルス間隔 C_{LKIS} 、マスク・ディレイ・タイム M_{DTS} 、スタート・ディレイ・タイム S_{DTS} を指定することができる。CPUは各ユニットに個別にAE計測開始信号 M_{START} 、クリア信号 C_{CLEAR} あるいはAE計測停止信号 M_{STOP} を与え、各ユニットから発生する割込信号 IRT によってデータ・ユニット選択指令 D_{SEL} により選択したユニットからデータを読み込む。データは各チャンネルにつき4ビットの順位カウンタ内容と12ビットの時間カウンタ内容の組合せとなっている。

スタート・ディレイおよびマスク・ディレイの機能は各ユニットごとに装備されており、きわめて有効に動作する。クロック・パルス間隔は $1\mu s$ 単位で4ビットまでの選択ができるので計測精度および最大計測時間はきわめて大幅な選択が可能である。

改良されたプリアンプは $300KHz$ のセンサの場合たとえば $\pm 50KHz$ 帯域において $5\mu V(P-O)$ 程度の内部雑音なので、 $100dB$ 以上(スライス・レベル $1V$ の場合)の増幅器利得を使用することもできる。

スライス・レベルは現在のところチャンネルごとの半固定設定であるがユニットごとにCPUから指定するように改造可能である。

4. 標定ソフトウェアの概要と実験結果例

標定ソフトウェアとして従来我々が用いてきた方式は2つの双曲線の交点を演算により求めるものであった。その後さらにチャンネル数が増大しても効率よく使用できることを考慮し、標定処理速度の向上と標定精度を高く保つことの両立、4センサおよび3センサの両方の場合に基本的に同じ方式が使用できること、セサ配置にある程度の自由度があることなどの点を満足させる補正係数テーブルによる補正計算標定方式を開発した。

この方式はセンサ間の各座標軸を精度に応じた数 n で等分し、 n 等分された各座標軸を通る距離差一定の双曲線群によってエリアをゾーン(メッシュ)に分け、この各ゾーンの中心点の x, y 各座標値とこの中心点を通る双曲線の x, y 軸上の各座標値との比を補正係数として求めておくものである。

この補正係数は各ゾーンに対応したノルマライズされた値として補正係数テーブルに記憶される。計測された時間差はノルマライズされ、これに対応するゾーンの補正係数がテーブルから求められ x, y について乗算を行うことにより座標が求められて標定される。

この方式の特徴は、(1)処理速度が速いこと、また乗

算のみでオーバーフローのおそれがなく浮動小数点演算が不要なこと、(2)解が一義的に決まること、(3)補正値はノルマライズされているのでエリアの形と相対精度が同一であれば一つのテーブルですみ、音速、センサ間距離が変わってもテーブルは変更しないですむこと、(5)テーブル・ルックアップ方式に比較しテーブルの大きさが同一なら高精度であることなどである。

標定処理全体の速度を上げかつ多ユニットの場合のCPUの閉塞を少なくするため標定処理をプリカウント、メインカウント、出力の3段階に分け各々の段階にデータ・リストを設け、多重処理を行わせている。

以上に述べたハードウェアならびにソフトウェアを用いて一部に減厚加工を施したボトル型アキュムレータの静水圧破壊試験におけるAE標定の実験を行った。この容器は約 $240kg/cm^2$ において減厚部から破壊したが約 $130kg/cm^2$ 付近から良好な標定データが得られた。図3に約 $130\sim 170kg/cm^2$ の間における標定結果例、図4に破壊後の容器の写真を示す。これらの実験結果の詳細は次の機会に報告したい。

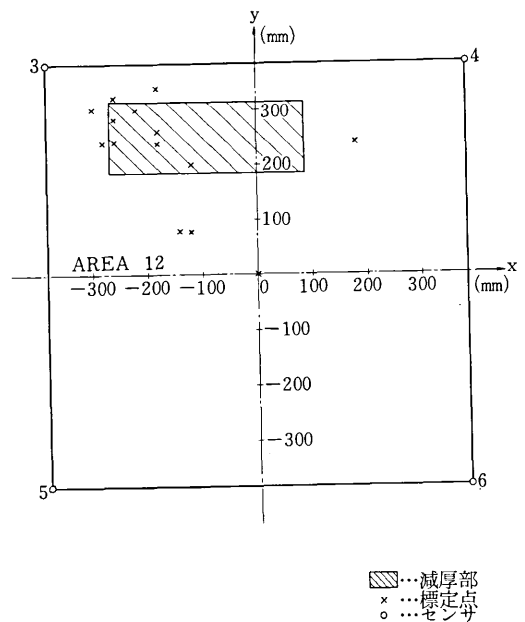


図3 静水圧破壊試験における圧力 $130\sim 170kg/cm^2$ 間の標定結果例

5. 今後の研究計画

まず現在の標定システムの開発をさらに継続する必要がある。現在の装置には直視型のディスプレイあるいは記録装置がないが、野外実験ではこれらを備えることがきわめて重要である。また圧力、歪計の出力な

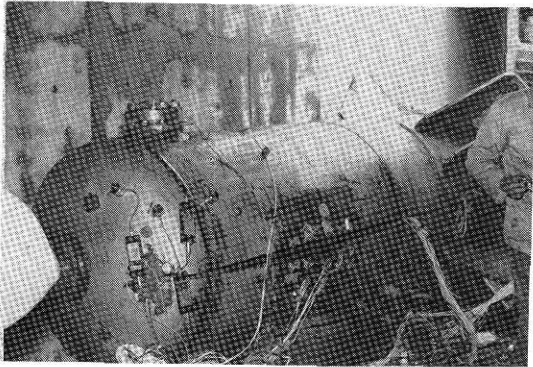


図4 破壊後の圧力容器の写真，破壊中心付近が減厚部

どA E以外のデータを同時に読み込み記録する改造も必要であり，とくに破壊の進行との対比を行い危険度の判定等の研究の基礎資料としても重要である。センサ，増幅器系列の改善およびスライスレベルの自動変更等も検討の要がある。

なお統計処理として場所別の累積標定数，頻度，雑音頻度などの自動集計を行うように改善したい。

以上の他に今までの研究計画において述べたさまざまな基礎的あるいは応用面での諸問題があり，破壊力学，電子装置，超音波工学，通信方式などの研究と関連するので広い面からの解明を引続き行う必要がある。

原子炉などの大型構造物の常時監視に対する要望はますます高まりつつあるのでこの研究もその様な面への応用について検討を行う。さらに一般産業用構造物，たとえば大型タンク，大型圧力容器，高層建築などに常時発生進行する欠陥の状態すなわち異状を監視し，破壊に至らぬ小災害等における部分的破壊のデータ記録と警報発生を行い，さらに万一大災害時等において破壊した場合の挙動・経過を知るためのA Eによる大型構造物の異状監視および異常時挙動記録システムは我国のような過密地域では不可欠のものと考えられるのでこれに関する基礎的研究を進めて行きたい。

6. あとがき

多チャンネルA E標定システムについては現在まだ開発途中の段階であるがディスプレイ，記録システムなどを完備すれば有効なシステムになることについてかなりの見通しが得られつつある。とくにかなりの大き

さまでの容器の繰返しおよび静圧の試験に本システムが有効に使用できることが分った。今後は本システムを一層有効なものにするための開発を続けるとともに今後の計画において述べたような研究を進めて行きたいと考えている。

おわりに，日頃いろいろ御助言を頂いている本所尾上守夫教授に感謝の意を表したい。また圧力容器の静水圧破壊試験に際し種々御世話していただいた日本鋼管株式会社技術研究所機械開発研究室次長富士岳氏はじめ多くの方々に感謝します。

(1976年1月9日受理)

参考文献

- 1) 尾上，山口，市川，山田，野口，多チャンネルA E標定システム，非破壊検査協会秋季大会予稿 II-1，1972.
- 2) 尾上，山口，市川，嶋田，野口，多チャンネル・アコースティック・エミッション標定システム，電気学会全国大会予稿1381，1973.
- 3) 同上，多チャンネルA E標定システム，生産研究，25-4，1973.
- 4) 山口，尾上，市川，嶋田，南崎，アコースティック・エミッション標定システム，計測自動制御学会学術講演会予稿1151，1973.
- 5) 山口，A Eの計測技術，電気四学会連会大会シンポジウム予稿 288，1973.
- 6) 尾上，山口，市川，嶋田，下間，多チャンネル・アコースティック・エミッション標定システム(第2報)，電気学会全国大会予稿 1136，1974.
- 7) 同上，原子炉楕形圧力容器の内圧繰返し疲労試験におけるA E標定について，電気学会全国大会 1137，1974.
- 8) 同上，原子炉楕形圧力容器の内圧繰返し疲労試験におけるA E標定について，非破壊検査協会春季大会 II-17，1974.
- 9) 山口，アコースティック・エミッションの計測技術，生産研究，26，4，1974.
- 10) M. Onoe, K. Yamaguchi, H. Ichikawa, T. Shimada, Y. Shimozuma, Multichannel AE Source Location System and Its Application to Fatigue Test of Model Reactor Vessel, The Second Acoustic Emission Symposium, Session2, 82-102, 1974.
- 11) 山口，巨大構造物の破壊予知情報の収集と標定に関する研究—多チャンネルA E標定装置の開発，生産研究，27，3，1975.
- 12) 山口，嶋田，下間，阿藤，多チャンネル・A E標定システムの一方式，電気学会全国大会予稿1520，1975.
- 13) 尾上，山口，市川，嶋田，多チャンネルA E標定システムとその原子炉模型圧力容器の疲労試験への適用，電気学会論文誌C，95，6，1975.
- 14) 山口，嶋田，阿藤，多チャンネル・A E標定システムの一方式，第14回SICE学術講演会予稿3705，1975.
- 15) 同上，多チャンネルA E標定システムの一方式，生産研究，27，10，1975.