

ウェーブレット解析の産業応用 (第1報)

中北 賢司*, 藤原 基芳*, 増田 峰知**

Industrial Application of Wavelet Analysis(1st Report)

by Kenji NAKAKITA , Motoyoshi FUJIWARA and Takanori MASUDA

〔要旨〕

ウェーブレット解析とは近年確立された時間周波数解析である。本研究ではウェーブレット解析を様々な産業分野に応用することを目的とする。その第一段として、本研究所の平行メカニズム操作用ジョイスティックに取り付けた力覚センサーの出力波形を解析し、ジョイスティックの接触点数の検出を試みた。結果として、一点接触と二点接触の判別は可能性があることがわかった。

1. はじめに

機械系から発生する信号、音声信号、生体信号など実際計測して得られる信号のほとんどは周波数成分が時間とともに変化する非定常信号である。つまり、非定常信号を表現するには時間と周波数の2変数が必要となる。信号を時間成分と周波数成分に分解して解析する手法を時間周波数解析という。従来までは短時間フーリエ変換が用いられてきたが、近年、ウェーブレット変換による解析が注目されている。

ウェーブレット解析は近年確立された時間周波数解析手法である。1980年ごろフランスの石油探査技師によりその実用性が注目されるようになり、1989年にかけて数学的基礎が築かれた。それによると積分ウェーブレット変換 (IWT: Integral Wavelet Transform) は次式で与えられる。

$$(W_{\phi}f)(b,a) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{a}} \phi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx \quad (1)$$

$\phi(x)$ のことをアナライジングウェーブレット、またはマザーウェーブレットという。アナライジングウェーブレットには任意のものを選ぶことができ、それによって解析結果もかわる。

信号の不確定性関係より、ウェーブレット変

換を時間軸に対して離散的に行うことで、次の離散ウェーブレット変換 (DWT: Discrete Wavelet Transform) が定義できる。

$$d_{j,k} = 2^j \int_{-\infty}^{\infty} \overline{\phi(2^j x - k)} f(x) dx \quad (2)$$

また、信号 $f(x)$ を離散近似し、信号の解像度をおとしながら離散ウェーブレット変換する解析法を多重解像度解析といい、解像度のことをレベルという。

本研究を行うに当たり、ウェーブレット解析のツールを作成した。図6は非定常信号波形を、作成したツールで積分ウェーブレット変換したものである。

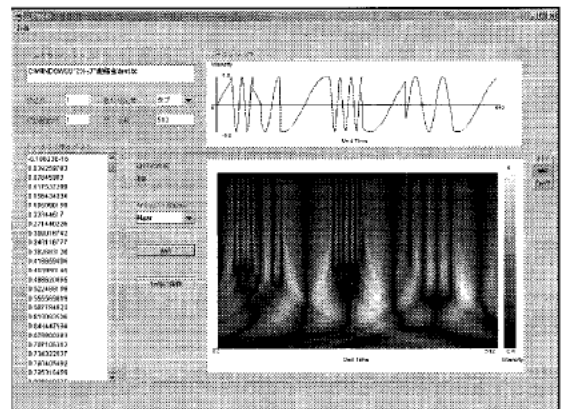


図1 作成したツール(積分ウェーブレット変換)

* 機械電子グループ

** 金属センター

本研究では、産業の様々な場面で見られる非定常信号に対してウェーブレット解析を応用し、それが有効であるかどうかを検討する。

2. 実験

応用の第一段として、当研究所で開発したパラレルメカニズム操作のジョイスティックへの応用を試みる。パラレルメカニズムとは、二つ以上の対偶が連結された連鎖が、ベース部とエンドエフェクタの間に並列に複数配置された構造をもつ機構のことをいう。

図2が当研究所のパラレルメカニズムのシステムである。ジョイスティックを操作すると、底面に取り付けられた力覚センサーに力及びモーメントが加わり、その値によってパラレルメカニズムが動作する。

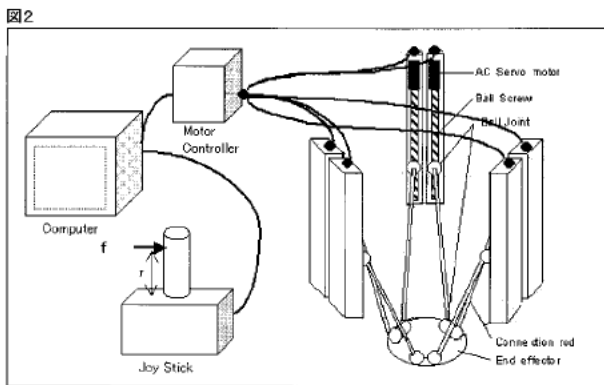


図2 当研究所のパラレルメカニズム

2. 1 実験の結果と考察

下に記す実験1と実験2で、力覚センサーから出力される力、及びモーメントのデータに対して解析を行い、両者の違いの検出、つまり一点接触か二点接触かの判定を行った。

実験1：ジョイスティックの一点に適当な大きさの力を加え、力の大きさを変化させた。

実験2：ジョイスティックの一点に適当な大きさの力を加え、力の大きさを変化させた後、さらに別の一点より適当な大きさの力を加えた。

図3、図4は力覚センサーから出力された実験1、実験2の力及びモーメントのデータである。

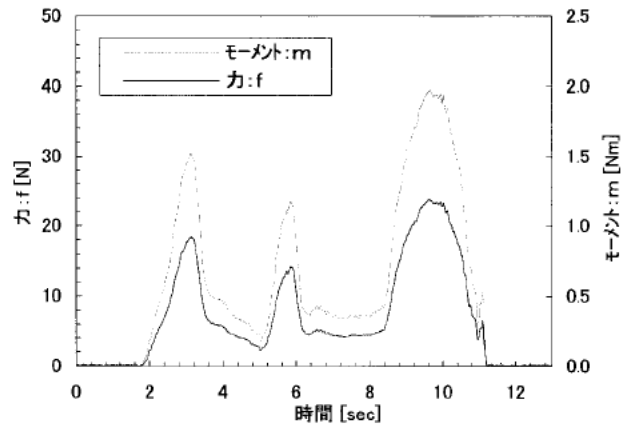


図3 実験1における力、モーメント出力波形

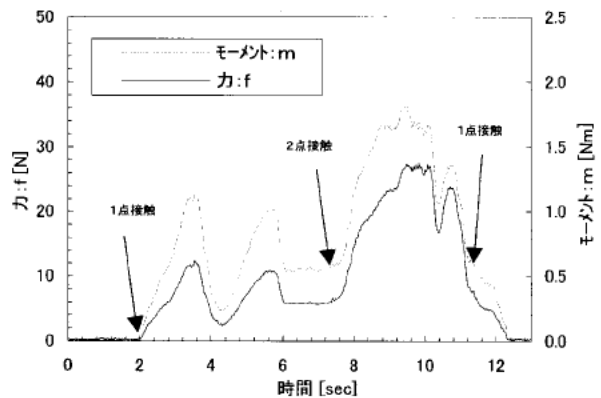


図4 実験2における力、モーメント出力波形

このように、力とモーメントのデータだけでは実験1と実験2で目立った差は見られない。

ところで、図1に示すようにジョイスティックの底面から接触点までの長さをrとすると、モーメントmと力fの間には次の関係が成り立つ。

$$r \propto m/f \tag{3}$$

実験1と実験2の場合でm/fの変動を調べた。図5、図6にそれぞれの結果を示す。

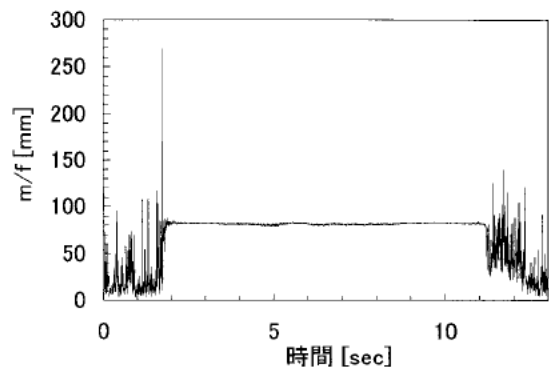


図5 実験1における m/f

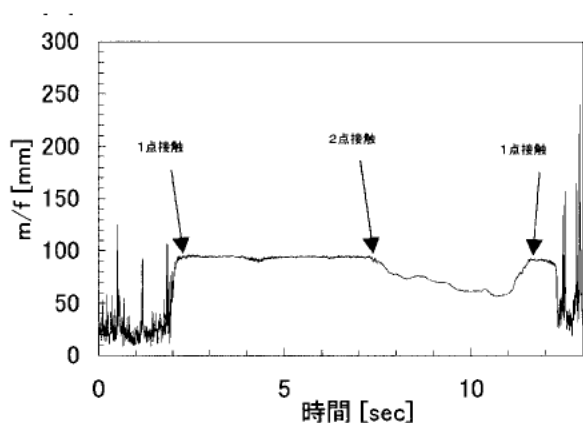


図6 実験2 における m/f

実験1 では力の大きさは変化しても接触点の位置は一定であるため r は一定となり、 m/f は直線となる。これに対し、実験2 では別の点より力を加えたことで接触点位置が揺らぎ、 m/f には変曲点が存在する。その変曲点を検出できれば実験1 と実験2 の差を検出したことになる。実験2 の m/f に対してレベル3 の多重解像度解析したものを図7 に示す。

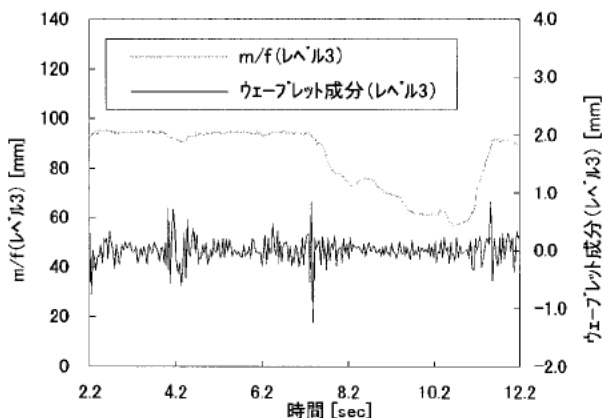


図7 実験2 における m/f の多重解像度解析

図7 より、レベル3 のウェーブレット成分が m/f の変曲点の中でも一点接触から二点接触、

二点接触から一点接触に変わる瞬間を検出していることがわかる。

3. まとめ

ジョイスティックに二点で接触した場合、接触に時間差があれば、それを一点接触と区別できることがわかった。また、ウェーブレット解析は計算が高速であるため、ほとんどリアルタイムで接触点数判定が可能であると考えられる。今後の課題として、ジョイスティックに同時に多点で接触した場合、それを一点接触と区別することが可能かどうか検討する。また、他の方面の分野への応用も検討する。

参考文献

- 1) Charles K. Chui 著、桜井明・新井勉 共訳：ウェーブレット入門、電機大出版局 (1993)
- 2) Charles K. Chui 著、桜井明・新井勉 共訳：ウェーブレット応用、電機大出版局 (1997)
- 3) 榊原進 著：ウェーブレットビギナーズガイド、電機大出版局 (1995)
- 4) ウェーブレット解析の基礎と産業への応用：日本機械学会東海支部第83回講習会教材、(1997)
- 5) 掌田津耶乃：VisualCafe ver.3で学ぶJavaプログラミング入門、技術評論社 (1999)
- 6) 植田龍男：Java実践講座。アスキー出版局 (1996)
- 7) 戸松豊和：Javaプログラムデザイン、ソフトバンク (1998)
- 8) 藤原基芳：接触点検出法を用いた多軸ジョイスティック。ロボティクス・メカトロニクス講演会'00, No.00-2, 1P1-69-109 (2000)