

## 振動試験による転倒検知器の誤作動発生に関する研究

金井 俊介 \*

### Research on Malfunction Occurrence of Tipping Detector by Vibration Test

Shunsuke KANAI\*

包装貨物が転倒、横倒しされた際にその根拠を示すアイテムとして、転倒検知器がある。ティルトウォッチという商品が日本では多く普及している。このティルトウォッチの構造を見ると、円盤の上に振り子があり、この振り子が動いた時に円盤が移動し、反応するしくみとなっている。このことより、包装貨物が転倒していなくてもティルトウォッチが反応してしまう誤作動が発生する可能性があるという仮説を立てた。この仮説の検証の為にティルトウォッチの貼り付け時の傾きを変えながら振動試験を実施した。結果は仮説が正しいということだったが、実際の流通条件を考慮して考察すると、傾きの最大値は凡そ 32° 程度であり、その程度ではティルトウォッチの誤作動は発生せず、ティルトウォッチの信用性もあると考えられる。

A tipping detector is an item that indicates the grounds when a packaged cargo is toppled or overturned. A product called Tiltwatch is very popular in Japan. Looking at the structure of this tilt watch, there is a pendulum on the disc, and when the pendulum moves, the disc moves and responds. Based on this, we hypothesized that there is a possibility that the tiltwatch may malfunction even if the packaged cargo is not overturned. In order to verify this hypothesis, we conducted a vibration test while changing the inclination of the tilt watch when it was attached. The result was that the hypothesis was correct, but when considering the actual distribution conditions, the maximum value of the tilt was about 32°, and the tilt watch did not malfunction at that degree. Considered to have credibility.

キーワード：包装、転倒検知器、ティルトウォッチ、振動衝撃、傾き

Keywords：Packaging, Tipping Detector, Tilt Watch, Vibration Shock, Tilt

\*ロジスティード㈱,LOGISTEED,Ltd.

\*連絡者(Corresponding author), ロジスティード㈱(〒104-8350 東京都中央区京橋二丁目 9 番 2 号),  
LOGISTEED,Ltd. 2-9-2, Kyobashi, Cyuo-ku, Tokyo 104-8350, Japan

Email: s-kanai@logisteed.com

## 1. 緒言

包装貨物が転倒、横倒しされた際にその根拠を示すアイテムとして、転倒検知器がある。一般的にはティルトウォッチというシール状のものが多く普及している。このティルトウォッチを包装貨物の側面に貼っておくと貼った面を正面とした際に左右方向に貨物が倒れるとティルトウォッチの中央部の円盤が移動し、色が変わるしくみとなっている（Fig.1）。この構造をティルトウォッチの裏面を剥がして確認した（Fig.2）。円盤の左右にストッパーがあり、上には振り子がある。ティルトウォッチが左右に傾くと、振り子が動き始め、円盤上側のロックが解除され、円盤が移動する。このことから、転倒に達しなくてもある程度の傾きが発生すれば振り子が動き始める為、そこに衝撃が加われば、ロックが解除され、円盤が移動する。つまり、転倒していなくてもティルトウォッチが反応する可能性があるとの仮説を立てた。もし、これが真だとすると、物流業者は転倒させていないにもかかわらず、クレームを受ける可能性がある。そこで、振動試験を通して、ティルトウォッチが誤作動するかを確認することとした。

本研究にて、一定の傾き以下で、誤作動の可能性のあることを確認できれば、ティルトウォッチを過度に信用する必要はなくなり、物流業者のリスク軽減を図れる。逆に一定の傾き以下において、誤作動の可能性がないことが確認できれば、ティルトウォッチの有効性を証明することになる。本研究結果より、ティルトウォッチの使用、使用する場合はその信頼性を各社で見直すきっかけになると考

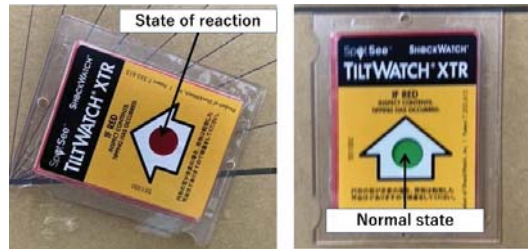


Fig.1 Tilt Watch

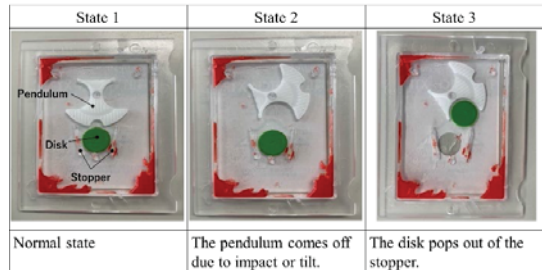


Fig.2 Tilt Watch Overview

えられる。

本研究では、ティルトウォッチを包装貨物に貼り付け、貼り付け角度を変えながら、振動試験を実施し、ティルトウォッチの反応の有無を確認した。

本論文の構成は次の通りである。2章において、本研究の仮説に対する検証の為の振動試験内容について述べ、3章において、全17回にわたる振動試験結果を提示する。4章において試験結果から考察し、5章にてまとめとする。

## 2. 試験内容

転倒(傾き 90°)しなくてもある程度の傾きのある時に衝撃が加わるとティルトウォッチが反応するという仮説を検証する為、包装貨物にティルトウォッチを貼り付け、傾きを変えながら、振動試験を実施した。包装貨物と振動試験条件は次の通りである。

■包装貨物 (Fig.3)

サイズ：1100×1100×1635 mm

(パレット高さ 127 mm)

パレット：三甲製 D4-1111-8

(リサイクル PP)

トレイ及びキャップ：両面段ボール

(C フルート)

スリーブ：複両面段ボール(AB フルート)

■振動試験条件

振動方法：ランダム振動

加速度実効値：10.59m/s<sup>2</sup>

振動時間：15 分

振動方向：上下、左右の 2 方向

ティルトウォッチを使用する貨物は転倒しやすい貨物となる為、背高品に使用されることが多い。よって、スリーブ高さは 1500 mm に設定した。長さとは幅は物流現場で使用されることが多い T11 型パレットのサイズ 1100×1100 mm とした。

振動試験条件は JIS Z 0200<sup>2)</sup> の最も厳しい条件である悪路輸送のプロファイル C (Fig.4) を採用した。なお、ティルトウォッチの特性上 Pendulum が揺れることで反応する可能性が発生する為、振動方向は上下だけでなく、左右でも実施した。

傾きは 0° から始め、反応が無ければ、10° ずつ傾きを増やしていき、反応する傾きを確かめた。傾け方は (Fig.5) のようにティルトウォッチの左上角を起点とし、右側を上にするようにした。



Fig.3 Packaged Freight

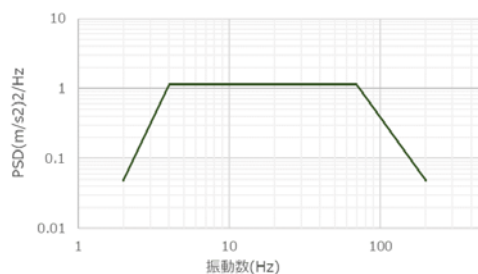


Fig.4 PSD Profile



Fig.5 Tilt

3. 試験結果

包装貨物にティルトウォッチを貼り付け、振動試験を実施 (Fig.6) 上下方向の試験結果を Table 1 に示す。80°までティルトウォッチを傾けた際に振動試験後の確認で反応があった。(Fig.7)



Fig.6 Vibration Test Scenery

Table 1 Vertical Vibration Test Result

No	傾き	反応
1	0°	無
2	10°	無
3	20°	無
4	30°	無
5	40°	無
6	50°	無
7	60°	無
8	70°	無
9	80°	有

左右方向の試験結果を **Table 2** に示す。  
70°までティルトウォッチを傾けた際に振動試験後の確認で反応があった。(Fig.8)

#### 4. 考察

試験結果より、上下方向の振動試験ではティルトウォッチの傾きが 80°の時に転倒の反

Table 2 Horizontal Vibration Test Result

No	傾き	反応
1	0°	無
2	10°	無
3	20°	無
4	30°	無
5	40°	無
6	50°	無
7	60°	無
8	70°	有



Fig.7 80° Reaction



Fig.8 70° Reaction

応があった。左右方向の振動試験ではティルトウォッチの傾きが 70°の時に転倒の反応があった。これより、転倒していなくてもティ

ルトウォッチが反応する可能性があるという仮説は正しかったと言える。また、ティルトウォッチ内の振り子が外れた際に円盤が動くということで、上下方向より左右方向の振動衝撃の方がティルトウォッチは反応しやすかったと考えられる。

次に「一定の傾き以下」について、実運用面を踏まえて考察をする。ティルトウォッチに傾きが発生するのは次の3パターンを想定する。

パターン1は作業者の貼り付け精度による傾き。ティルトウォッチを水平に綺麗に貼れない時に傾きが発生する。但し、その際の傾きは10°未満と思われる。10°以上の傾きは明らかに目視で傾きがあることがわかる。次にパターン2は斜面をフォークリフトで貨物が走行する場合。トヨタ L&F のフォークリフトの仕様表では最大登坂能力は負荷時20%との記載がある。20%というのは傾きにすると、11.3°である。また、JIS D 6011-1<sup>3)</sup> のフォークリフトの前後の安定度は勾配18%となっており、傾きにすると、10.2°である。つまり、パターン2では最大でおおよそ11°程度の傾きが発生することになる。最後にパターン3だが、トヨタ L&F のフォークリフトの仕様表でマストの最大傾斜は11°となっており、他社も似たような最大傾斜である。よって、パターン3では最大11°程度の傾きが発生することになる。

最も傾きが大きくなるのは上記3パターンが同時に発生した時と考えられるが、合計で最大32°程度となる。つまり、「一定の傾き以下」とは32°以下の傾きとなる。試験結果からは32°程度ではティルトウォッチは反応しないので、通常の流通環境では包装

貨物の転倒が発生しなければ、殆どティルトウォッチの誤作動が発生することはないと考えられる。

## 5. まとめ

4章にて、ティルトウォッチに傾きが発生する3パターンについて考察したが、最も傾きが発生する3パターン同時の場合でも最大32°の傾きとなり、ティルトウォッチが振動衝撃で反応する70°や80°には遠く及ばない。試験結果から、ティルトウォッチは転倒していなくても反応するという仮説は正しかったと考えられるが、一般的な流通条件(32°以下)では、ティルトウォッチは反応しなかった。ティルトウォッチが反応するのは転倒した時、又は転倒に近い横倒し状態にされた時となり、転倒検知器としての信頼性をティルトウォッチは十分に保持していると考えられる。

## <参考文献>

- 1) JIS Z 1507(2013),段ボール箱の形式
- 2) JIS Z 0200(2023),包装貨物. 性能試験方法 一般通則
- 3) JIS D 6011-1(2013),フォークリフトトラック-安定度及び安定度の検証-第1部
- 4) 上原雅史、斎藤勝彦, 輸送包装評価のための振動・衝撃試験, 日本包装学会誌, 25(4), p. 203(2016)
- 5) 斎藤勝彦、久保雅義, 水平振動によるパレタイズ貨物の荷動き挙動の計測実験, 日本包装学会誌, 6(4), p. 201(1997)

(原稿受付 2023年9月1日)

(採録受理 2023年11月6日)