

機関番号：54101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2009

課題番号：20760050

研究課題名(和文) 無給電判別機能と高耐衝撃性を持つ磁気反発型振動スイッチと
知能化システムへの応用研究課題名(英文) Batteryless, auto-detectable, and high shock resistant repulsive
magnets type vibration limit switch and their application as
intelligence system

研究代表者

西村 一寛 (NISHIMURA KAZUHIRO)

鈴鹿工業高等専門学校・電気電子工学科・講師

研究者番号：60343216

研究成果の概要(和文)：無給電、判別機能、高耐衝撃性をもち、超低周波数で動作する磁気反発型の振動のリミットスイッチを開発した。異常振動を検出することができるので、防犯/災害対策/医療福祉/検査システムへの応用が期待できる。このスイッチの設計指針として、振動パラメータの導出と反発・吸着力を考慮した定量化を行った。

研究成果の概要(英文)：We have developed a vibration limit switch using repulsive magnets. The limit switch has the advantages of batteryless, auto-detection, simple structure and low frequency response. In order to lead guideline of the switch design, we have derived the vibration parameters and quantified them in consideration of the repulsive/attractive forces.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理・工学基礎・応用物理学一般

キーワード：センサー・磁気応用

1. 研究開始当初の背景

身の回りには、地震、風や交通による構造物のゆれ、手を振ることや居眠りで首が揺れる人間の動作などの多くの振動が存在する。これらの振動において、設定値以上の振動を加えると動作する加速度のリミットスイッチである。その構造は、図1のように同極を向かい合わせた永久磁石とその間のどちらかの磁石に鋼などの磁性体を吸着させたも

ので構成する。このときの磁性体が反発磁石間の間隔によって磁化状態が変化するため、反発から吸着への構造変化を引き起こす現象を利用する。身の回りに存在する振動を受けて、この構造変化を引き起こし、吸着させたときに導通させることによってスイッチとなる。

身の回りの振動を検知するために通常使用する加速度センサでは、そのセンサによっ

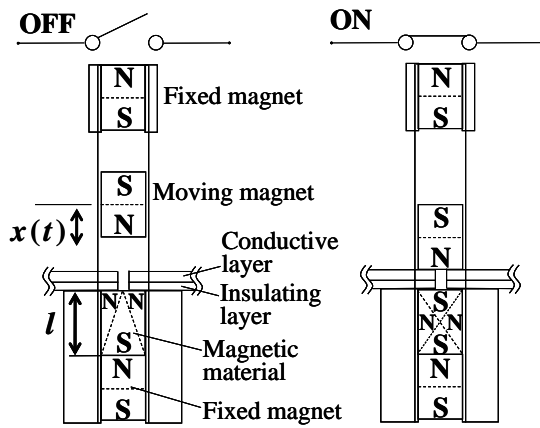


図1 磁気反発型振動リミットスイッチ

て出力される信号を判別する機器とそれらを接続するための配線が必要となる。この磁気反発型加速度スイッチは、下記のような特長を持っている。

- (1) 駆動のための電源を必要としない（無給電）
- (2) 判別するための機器を必要としない（判別機能）
- (3) 上記より構造がシンプル（配線がいらない＝耐衝撃性）
- (4) 振動を目で見ることができる 20 Hz 以下の超低周波数で動作

したがって、既に応用されている自動車のエアバックシステムの加速度スイッチなどに組み込むことや、構造がシンプルであるため堅固となり、従来の振動計よりもこれまで測定不可能な大きな地震などの振動を地震後に回収検査することや、携帯用の振動検査器として美術品などの輸送時の加わる衝撃の大きさが基準値を超えているか表示することが可能となる。製品化としては、電気ブレーカーのように、振動の大きさ、例えば、重力加速度を基準にすると 1 G, 2 G, 3 G の振動を加えたときに動作するスイッチ、すな

表1 様々な長さにおける振動パラメータ

l (mm)	c (kg/s)	k (kg/s ²)
6.39	0.01122	2.52
3.28	0.00555	3.47
1.58	0.00842	4.11

わち、振動のヒューズとしての商品化を目指している。

2. 研究の目的

前述した振動のヒューズのような応用を行うために、本研究では、

- (1) 定量的な設計パラメータの導出と
- (2) その定量化

をこの構造での反発・吸着力を考慮して行う。

3. 研究の方法

表1には、反発磁石間の磁性体（鉄円柱）の長さ l を変化したときに導出した振動パラメータを示す。この時のスイッチの構造や実験の詳細は雑誌論文を紹介されたい⁽⁵⁾。このスイッチは、磁気バネを用いているので、バネ係数 k や減数係数 c は、磁石間の距離もしくは駆動磁石の変位 x によって変化するバネ変数 $k(x)$ や減衰変数 $c(x)$ であるが、スイッチとして動作し結合したときの変位 $x = Xc$ でのバネ係数 $k = k(Xc)$ 、減衰係数 $c = c(Xc)$ として求めている。

図2に示した反発・吸着力の測定結果からは、これと同じような構造において、駆動磁石と固定磁石によって磁化された磁性体の距離によって、反発力から吸着力に変化することを確認した。このときの反発力の最大値は、この長さ l が長くなれば、急激に小さくなり、その強さから反発浮上できなくなる長さ l_{max} を求めることができた。なお、 l_{max} は、駆動部の重さを反発力の最大値で引くことで求まる。吸着力は、その長さがある程度長ければ同じような強さであるが、短くなると

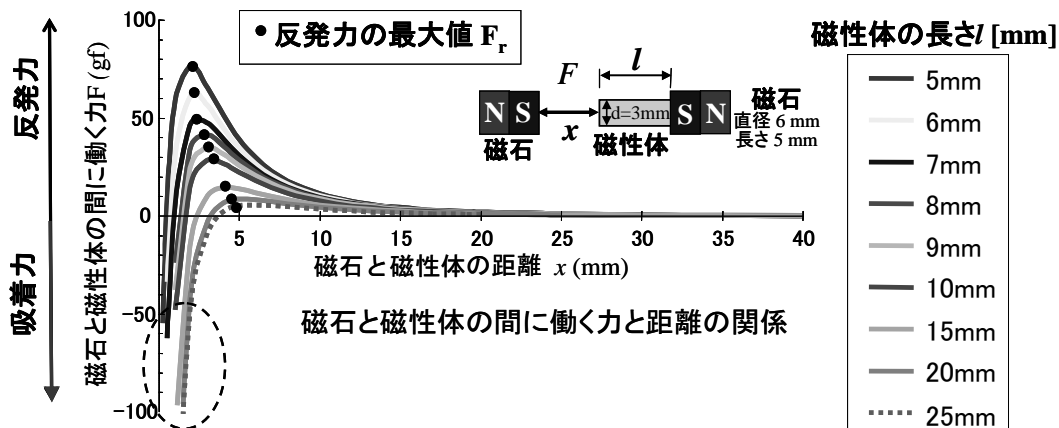


図2 反発磁石間の磁石と磁性体の距離に対する力の関係

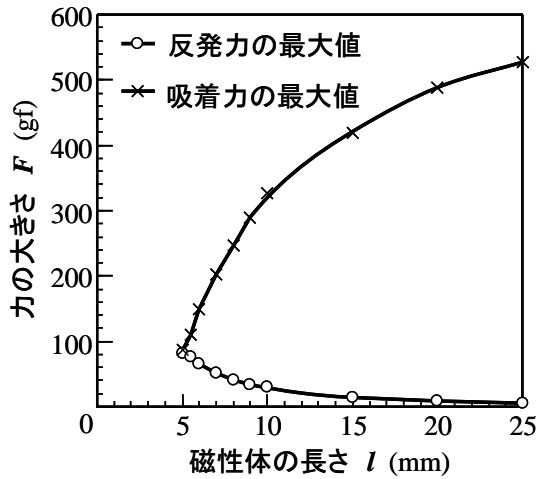
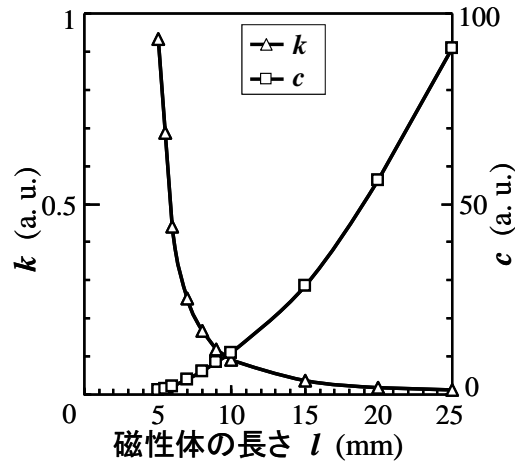
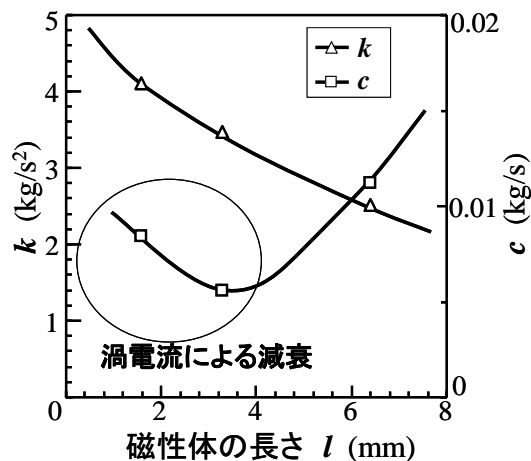


図3 反発力の最大値と吸着力の最大値



(a) 仮説から求めた振動パラメータ



(b) 実験値から求めた振動パラメータ

図4 仮説ならびに実験値から求めた振動パラメータ

急激に減少し、その強さから吸着しなくなる長さ l_{\min} を求めることができた。したがって、このときの長さ l は、 $l_{\min} < l < l_{\max}$ の範囲となる。吸着力の最大値は、反発力の最大値に比

べ大きな値となるので、図2では分らないが、図3に、これらの吸着力の最大値および反発力の最大値を磁性体の長さ毎に示した。バネ係数 k は、

$$k = \frac{(\text{反発力の最大値})^a}{(\text{吸着力の最大値})^b}$$

減衰係数 c は、

$$c = \frac{(\text{吸着力の最大値})^c}{(\text{反発力の最大値})^d}$$

に関係づけられると仮定して、図4の(a)に $a = b = c = d = 1$ としたときの仮説から求めた振動パラメータと(b)には実験値から求めた振動パラメータを比較した。バネ係数 k はほぼ同じ傾向となるが、減衰係数 c は、磁石と磁性材料に働く渦電流による減衰も考慮すれば同じ傾向になると考察できた。

導出した結合時のバネ係数 k や減衰係数 c と、反発力の最大値と吸着力との相関を考慮して、これらの関係を下記のように数式として定量的に表すことができる。

$$k = 4.95l^{-0.348} \quad (1)$$

$$c = 0.00073(l - 3.59)^2 + 0.00548 \quad (2)$$

ただし、 $l_{\min} < l < l_{\max}$ である。

4. 研究成果

(1) 実験結果より、バネ係数、減衰係数を導出した

導出した結合時のバネ係数や減衰係数と、反発力の最大値と吸着力との相関は調査したところ次のようになることがわかった。

- (2) バネ係数は、反発力の最大値が大きくなれば大きくなり、吸着力が大きくなれば小さくなる。
- (3) 同様に、減衰係数は、反発力の最大値が大きくなれば小さくなり、吸着力が大きくなると大きくなると考えられるが、磁石と磁性体によって生じる渦電流による減衰も影響することがわかった。

これらの関係を構造である磁性体の長さを用いて、数式として定量的に表すことができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計5件)

- (1) 西村一寛, 動磁型振動検査装置を用いた工作機械の主軸ブレ事前検出, まぐね, 5, pp. 68-73 (2010). 査読無
- (2) 西村一寛, 柴垣寛治, 川口雅司, 北村登, 井上光輝, ものづくり教育のため

の磁石教材－反発磁石を利用した振動のリミットスイッチの製作－, 鈴鹿高専紀要, 42, pp.43-47 (2009). 査読有

- (3) 平田絵梨, 田中健太, 西村一寛, 井上光輝, 磁気反発型振動リミットスイッチにおける動作時の振動パラメータの導出, 日本磁気学会誌, 33 pp.114-117 (2009). 査読有
- (4) K. Nishimura, M. Inoue, Repulsive-Magnets-Type Acceleration Limit Switch, Sensors & Transducers Journal, 97, pp.170-175 (2008). 査読有
- (5) K. Nishimura, M. Inoue, Self-generation vibration sensor using levitated magnet, Electrical Engineering in Japan, 165, pp.1-8 (2008). 査読有

[学会発表] (計 8 件)

- (1) 橋本良介, 西村一寛, 低電力機器用発電のための振動・回転変換装置, 平成 22 年電気学会全国大会, 2010 年 3 月 19 日, 明治大学 駿河台キャンパス
- (2) 原健, ○西村一寛, 磁気反発型振動リミットスイッチにおける振動パラメータと反発・吸着力との関係, 平成 22 年電気学会全国大会, 2010 年 3 月 19 日, 明治大学 駿河台キャンパス
- (3) 西村一寛, 反発磁石を利用した振動検査装置の開発と無給電・知能化システムへ応用, 第 10 回九州・山口・沖縄磁気セミナー, 2009 年 5 月 17 日, やすらぎ伊王島 会議室, 長崎
- (4) 田中健太, ○西村一寛, 動磁型振動センサを用いた NC 工作機械の軸ブレ検査システム, 平成 21 年電気学会全国大会, 2009 年 3 月 17 日, 北海道大学
- (5) 田中健太, ○西村一寛, 動磁型振動センサの特性改善とその応用, 電気学会マグネティックス研究会, 2008 年 11 月 25 日, 東京工業大学 百年記念館フェライト会議室
- (6) 西村一寛, 超低周波対応の磁気反発型振動遮断器～無給電・自己判別機能と耐衝撃性を併せ持つ～, J S T イノベーションブリッジ研究発表会, 2008 年 11 月 18 日, キャンパス・イノベーションセンター東京
- (7) 西村一寛, 磁気反発型振動スイッチ, (財)中部科学技術センター産業クラスター計画支援室 平成 20 年度技術シーズ発表会, 2008 年 10 月 16 日, ミッドランドスクエア, 名古屋
- (8) 西村一寛, 平田絵梨, 井上光輝, 磁気反発型振動リミットスイッチにおける動作時の振動パラメータの導出, 第 32

回日本磁気学会学術講演会, 2008 年 9 月 13, 14 日, 東北学院大学 多賀城キャンパス

[図書] (計 1 件)

吉田喜一編 (西村一寛他全国高専の先生), 全商連付属・中小商工業研究所, ものつくりのタネ (2009), 129 頁(96-97)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西村 一寛 (NISHIMURA KAZUHIRO)
鈴鹿工業高等専門学校・電気電子工学科・講師
研究者番号: 60343216

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし