

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成23年5月27日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(c)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560218

研究課題名（和文） ローラガイドの反転時位置ずれの発生機構とその防止

研究課題名（英文） Generating Mechanism and Reduction Method of Carriage Drift in Roller Guides

研究代表者

太田 浩之 (OHTA HIROYUKI)

長岡技術科学大学・工学部・教授

研究者番号：30233141

研究成果の概要（和文）：

本論文では、ローラガイドの反転時位置ずれ（往きと戻りの過程におけるキャリッジの変位または角変位の差）の発生機構を解明し、その低減法を得ることを目的としている。はじめに、実験を行い、反転時位置ずれは、ローラガイドで生じ、ボールガイドでは生じないことを見出した。次に、マルチボディ解析により、ローラガイドの反転時位置ずれはころのスキューにより発生することを明らかにした。最後に、ころのスキューを抑制するためにアンチスキューイングブレース（ASB）を提案した。

研究成果の概要（英文）：

This study deals with the generating mechanism and reduction method of carriage drift (which is the differences of the carriage displacements or angular displacements at a certain position on a rail during a progress and return cycle) in roller guides. First, it was shown that the carriage drifts were observed in the roller guide and were not in the ball guide in the experiments. Next, based on a multi-body analysis, it was explained that the carriage drift occurred when a roller was skewed. Finally, to reduce the carriage drift, an anti-skewing brace was proposed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学，設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：機械要素，機械力学・制御，トライボロジー

1. 研究開始当初の背景

ローラガイド，ボールガイドなどに代表されるリニアガイドウェイ形転がり案内（リニアガイドウェイ）は，工作機械や半導体製造装置で多用されており，一層の高度化が望まれている。そして，これまでのリニアガイドウェイの高度化の研究は主としてボール

ガイドを中心に行われてきた。近年では，ボールガイドに比べて高剛性で高負荷容量を特徴とするローラガイドの高精度化が，産業界で求められている。ローラガイドの高精度化のための予備実験で，これまでに知られていない「ローラガイドの反転時位置ずれ」が見いだされ，高精度化の阻害要因の1つにな

っていることが認識された。

2. 研究の目的

本研究では、キャリッジを往復駆動した場合に生ずるローラガイドウェイの反転時位置ずれ（行きと戻りの過程におけるキャリッジの変位または角変位の差）について詳しく調べ、その発生機構を明らかにするとともに、低減法を提案することを目的としている。

3. 研究の方法

(1) 実験

実験には、図1に示すようなスキュー防止対策をしていないリニアガイドウェイ形非循環ローラガイドおよびボールガイドを各1組用いた。各試験リニアガイドウェイは、1本のレール、1個のキャリッジおよび転動体（ころまたは玉）から構成されている。表1に試験リニアガイドウェイの基本諸元を示す。試験リニアガイドウェイにはオーバーサイズ予圧方式で予圧が加えられている。試験リニアガイドウェイの潤滑には、鉱油(ISO VG68)を用いた。

実験では、図2に示すように、ベッドに試験リニアガイドウェイのレールをボルトで固定した状態で、キャリッジを往復駆動した。そして、キャリッジに取り付けたクリアセラム製バーミラーの変位を水平方向および鉛直方向に配置した静電容量形非接触変位計のプローブA~Dを用いて測定した。本研究

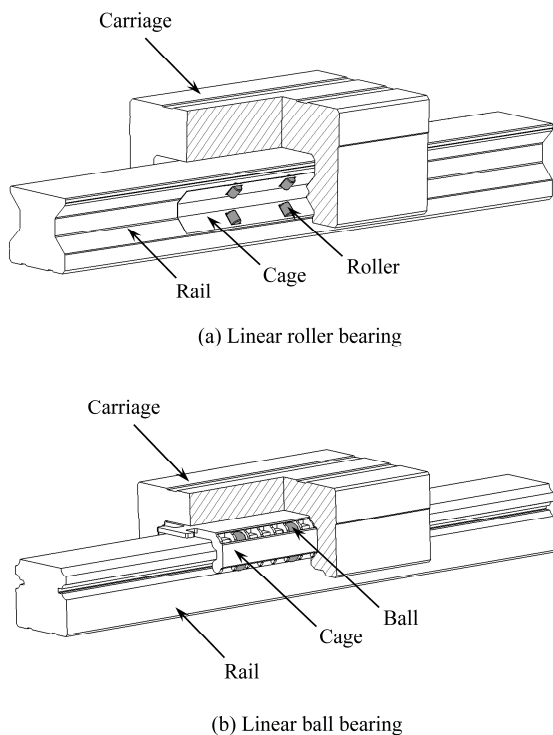


Fig. 1 Test linear guideways

では、運転中の試験リニアガイドウェイのキャリッジの変位を表すために、実験では、非接触変位計で検出したバーミラーの相対変位 $s_A \sim s_D$ をから、往復駆動開始点 ($x=0\text{mm}$) におけるキャリッジの変位を基準としたキャリッジの水平方向相対変位 y^* 、鉛直方向相対変位 z^* 、ピッチング相対角変位 θ^* 、およびヨーイング相対角変位 ψ^* を得た。

(2) 実験結果

実験で得たキャリッジの相対変位および相対角変位を図3に示す。なお、図3中における記号の下付添字 p および r はそれぞれ行きおよび戻りに関することを表す。図3より、ローラガイドでは、往復駆動開始点 ($x=0\text{mm}$) および折り返し点 ($x=10.5\text{mm}$) 付近を除き、キャリッジの水平方向と鉛直方向の相対変位、ピッチングおよびヨーイングの相対角変位が、行きと戻りで異なることがわかる。一方、ボールガイドでは、キャリッジの水平方向と鉛直方向の相対変位、ピッチングおよびヨーイングの相対角変位のいずれも、行きと戻りで一致している。以上のことから、反転時位置ずれは、ローラガイドで発生し、ボールガイドでは発生しないことが判明した。

(3) マルチボディ解析

前章の実験結果より、反転時位置ずれは、ローラガイドで発生し、ボールガイドでは発生しないことが判明した。ローラガイドでは、ボールガイドでは発生しないころのスキューが生じることから、ころのスキューが反転時位置ずれの発生に関与している可能性がある。そこで、このことを確かめるに、マル

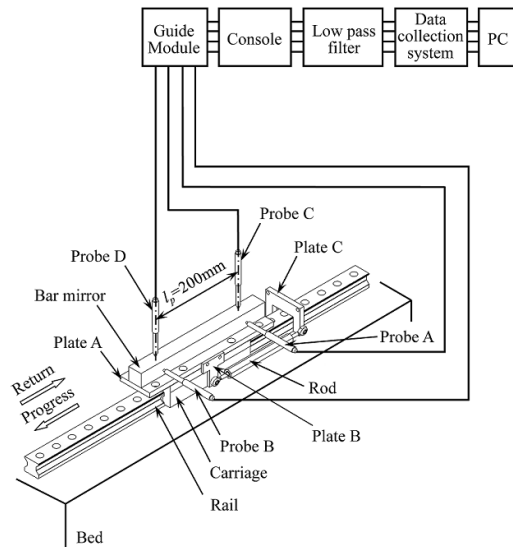


Fig. 2 Test rig

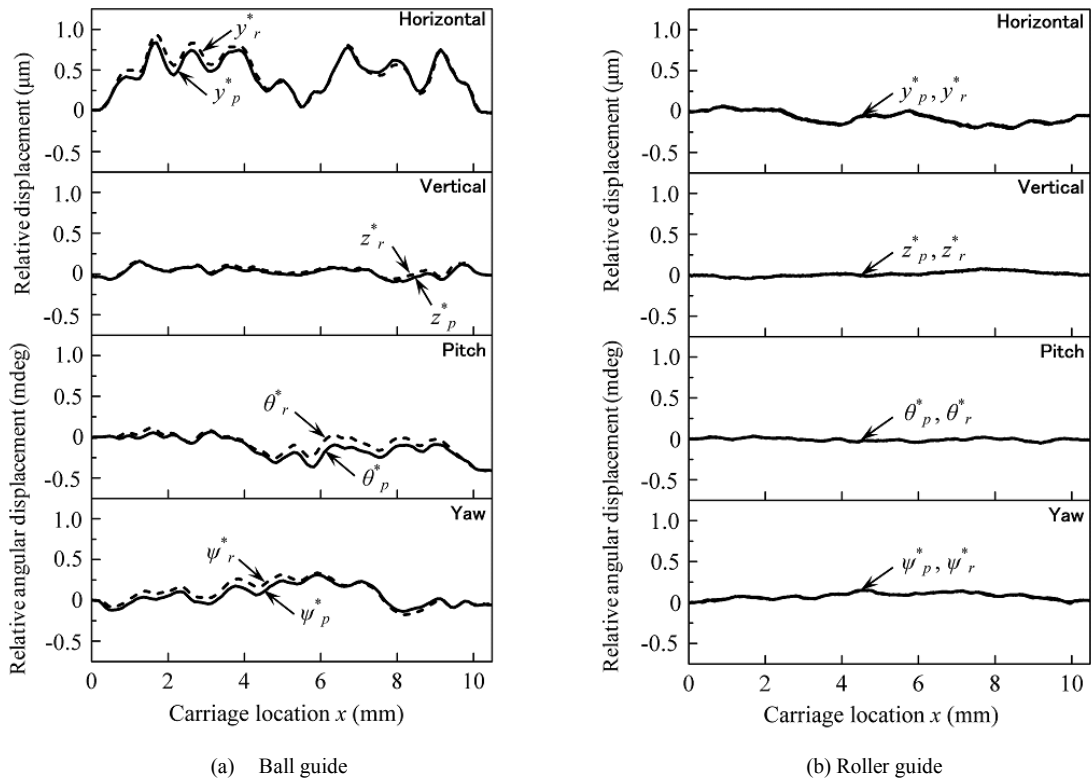


Fig. 3 Measured relative displacement and relative angular displacement

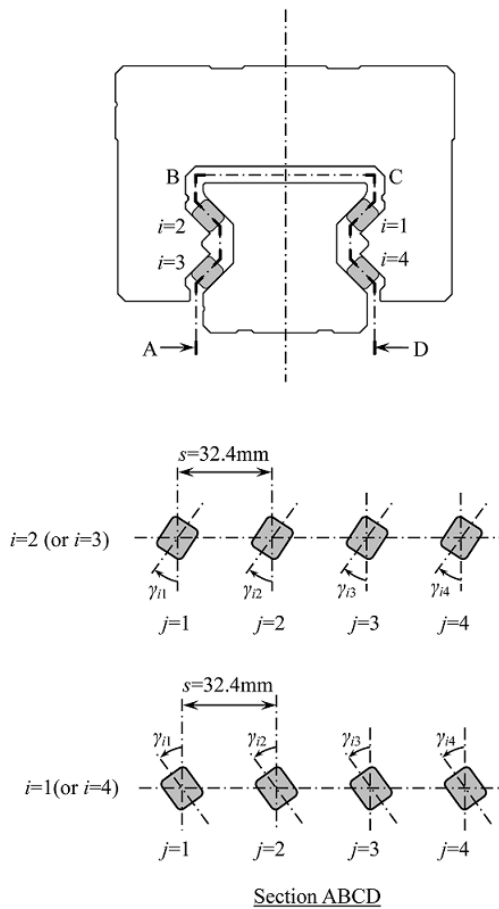


Fig. 4 Roller arrangement

チボディ解析 (MBA) ソフトウェア (RECURDYN) を用いて、実験で用いたローラガイドに対して実験と同じ運転条件で MBA を行った。MBA では、保持器を省略し、ころ、キャリッジおよびレールは、ヘルツ接触部を除き剛体と仮定したモデルを用いた。MBA におけるころの配置を図 4 に示す。図 4 において、 s は隣接するころの間隔、 i は列番号、 j はころ番号、 γ_{ij} は i 列 j 番目のころのスキュー角を表す。MBA では、 i 列 j 番目のころから軌道に作用するヘルツ接触力および摩擦力を考慮した。力 F_{ij} を次のように定義し、これを考慮した。

(4) マルチボディ解析の結果

MBA で得たキャリッジの相対変位および相対角変位を図 5 に示す。図 5 (a) は $i=1, j=1$ のころにのみ駆動開始時 ($t=0\text{sec}$) にスキュー角 (初期スキュー角) $\gamma_{11(0)}=1\text{deg}$ を与えて運転した場合、図 5 (b) はすべてのころの初期スキュー角がゼロの状態での運転した場合の計算結果である。図 5 (a) より、 $i=1, j=1$ のころにのみ初期スキュー角 $\gamma_{11(0)}=1\text{deg}$ を与えて運転した場合、キャリッジの相対変位および相対角変位の計算値が行きと戻りで異なり、反転時位置ずれが発生することがわかる。一方、図 5 (b) より、すべてのころの初期スキュー角がゼロの状態での運転した場合、キャリッジの相対変位および相対角変位の計算値が行きと戻りで同じになり、反転時

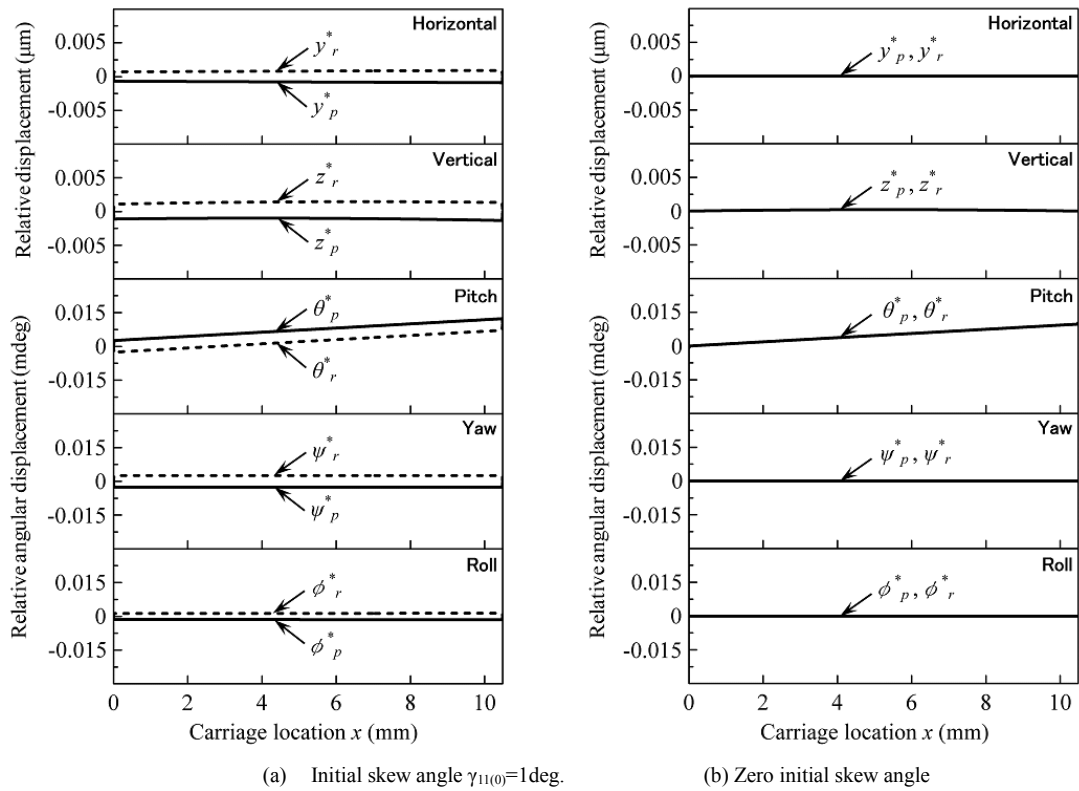


Fig. 5 Calculated relative displacement and relative angular displacement

位置ずれは発生しないことがわかる。以上より、ローラガイドの反転時位置ずれは、ころがスキューした場合に発生することが判明した。

(5) 反転時位置ずれの発生機構

以上の解析結果より、反転時位置ずれは次の機構で発生すると考えることができる。す

なわち、ローラガイド内には予圧により垂直接触力が作用している。ころがスキューすると、そのころとキャリッジの間に、ころの軸方向のすべりが生じ、摩擦力が作用する。すべりの方向はキャリッジの往きと戻りで異なるため、摩擦力の方向も異なることになる。その結果、往きと戻りどころからキャリッジに作用する力（垂直接触力と摩擦力の

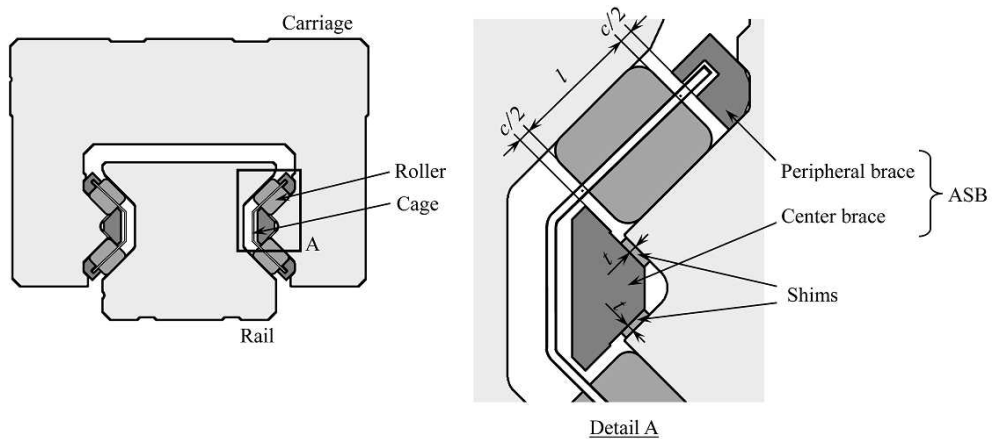


Fig. 6 Roller guide with ASB

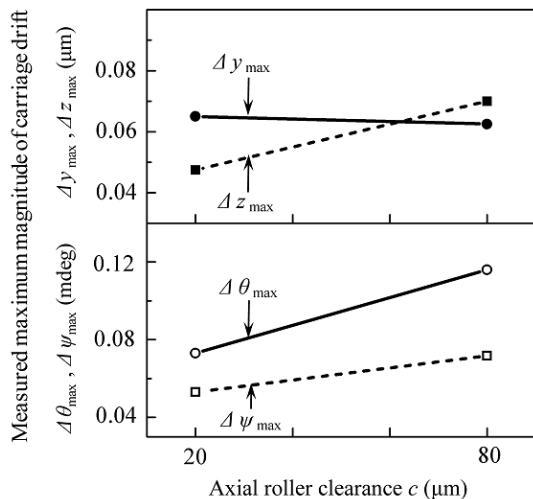


Fig. 7 Measured maximum magnitude of carriage drift in a roller guide with ASB Roller guide with ASB

合力) の方向と大きさが異なり, 反転時位置ずれが発生すると考えることができる.

(6) 反転時位置ずれの低減方法

前章のローラガイドの反転時位置ずれの発生機構に基づけば, ころのスキュー角を小さくすることで反転時位置ずれを低減できると考えられる. そこで, 本研究では, ころのスキューを抑制するためにアンチスキューイングブレース (ASB) を提案し, これにより反転時位置ずれの低減を試みることにした.

本研究で提案する ASB 付きローラガイドを図 6 に示す. 図 6 において, l はころの長さ, c は ASB ところの間の軸方向すきま (以下, ころの軸方向すきま), t はシムの厚さである. ASB は, 図 6 に示すように, 鋼製の外側ブレースおよび中央ブレースによって構成され, 外側ブレースは接着剤, 中央ブレースはねじでキャリッジに固定されている. なお, 中央ブレースとキャリッジの間に挿入するシムの厚さ t を変えることで, ころの軸方向すきま c を変えることができる. そして, ころの軸方向すきま c が小さくなるほど最大スキュー角が小さくなる.

実験で得た ASB 付きローラガイド水平, 鉛直, ピッチング, およびヨーイング方向の反転時位置ずれの大きさ (往きと戻りにおけるキャリッジの相対変位 (または相対角変位) の差の絶対値) の最大値 Δy_{max} , Δz_{max} , $\Delta \theta_{max}$, $\Delta \psi_{max}$ をころの軸方向すきまに対してプロットした結果を図 7 に示す. 図 7 より, 反転時位置ずれの大きさの最大値は, ころの軸方向すきま $c=20\mu\text{m}$ の場合の方が $80\mu\text{m}$ の場合に比べ小さくなる傾向があることがわかる. 以上より, ASB を用いて ころの軸方向すきまを小さくすれば, 反転時位置ずれを低減できることが明らかとなった.

4. 研究成果

以上より, 以下の成果が得られた.

- (1) 反転時位置ずれは, ローラガイドで発生するが, ボールガイドでは発生しない.
- (2) ローラガイドの反転時位置ずれは, ころがスキューした場合に発生する.
- (3) ころがスキューすると, ころとキャリッジの間でころの軸方向のすべりが生じ, 摩擦力が発生する. すべりの方向は, 往きと戻りで異なるため, 摩擦力の方向も異なる. その結果, 往きと戻りでころからキャリッジに作用する力 (垂直接触力と摩擦力の合力) の方向と大きさが異なり, 反転時位置ずれが発生する.
- (4) ころのスキューを抑制するためにアンチスキューイングブレース (ASB) を提案した. ASB 付きローラガイドでは, ころの軸方向すきまが小さいほど, 反転時位置ずれが低減される.

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)

[学会発表] (計 2 件)

- (1) 太田浩之, 加藤太基, 加藤総一郎, 多見秀幸: リニア軸受の反転時位置ずれ, 日本機械学会北陸信越支部総会・講演会講演論文集, (2013), 1011.
- (2) 太田浩之, 加藤太基, 加藤総一郎, 多見秀幸: リニアころ軸受の反転時位置ずれの発生機構, 日本機械学会北陸信越支部総会・講演会講演論文集, (2013), 1012

[その他]

ホームページ等

http://mcweb.nagaokaut.ac.jp/~ohta/2013/research2011-2012_jp.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

太田 浩之 (OHTA HIROYUKI)
長岡技術科学大学・工学部・教授
研究者番号: 30233141