1A1-U02

東北学院大学 TOHOKU GAKUIN UNIVERSITY

セッション名：生産システム・
生産機器メカトロニクス

コアタイム：26日　10：15～11：00

○ 熊谷正朗（東北学院大学, RDE Lab.）
Masaaki Kumagai (Tohoku Gakuin Univ.)
下間隆史，渡邊孝基（東北学院大卒）



部分スライドローラを用いた 横移動も可能なローラコンベアの開発

Roller Conveyer enabling Lateral Shift using Partially Sliding Roller

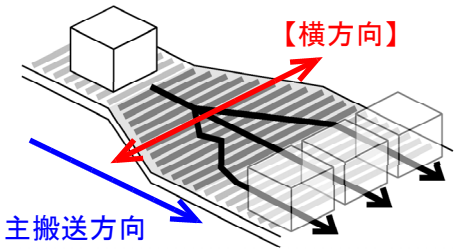
概　要

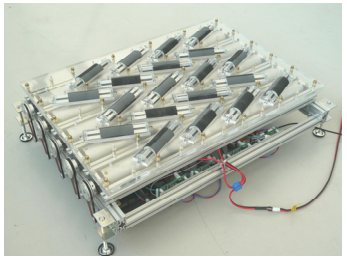
・**円筒側面を分割して，個々にスライドできるローラ機構**
Roller mechanism with separated sliding cylindrical surfaces.
・**ローラコンベアの搬送方向に直交する移動機能を付加**
Conveyer with additional ability to shift laterally while transport.

目　的

○ **部分スライドローラ機構の応用性の検証**
・機構の発案時にあった活用法の一つ.
他案） 球体駆動/横スライド可能な運搬台車/コロ

○ **応用する課題／ゴール**
・コンベア装置でスムーズな横移動の実現.
・ぶつける，滑らせるなどの力学的無理のない手段.





総　括

○ **部分スライドローラ機構**
・転動1方向＋軸方向スライドの2自由度のローラ.
c.f. 全方向移動車用の車輪（回転1自由度＋円周受動ローラ）
・円筒側面を分割したことで，転動しながら，連続的な軸方向の移動を可能にする.　　c.f. ただのスライドには限度がある
・全方向車輪に比べて簡易で、量産性は向上.

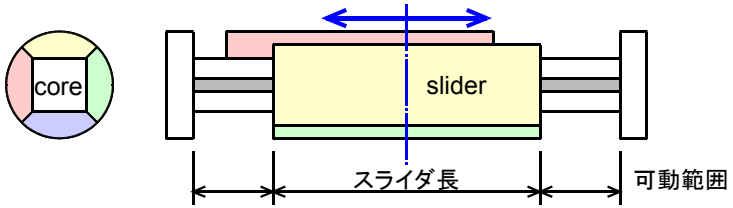
○ **2方向に駆動できるローラコンベア**
・ローラコンベアとしての転動方向への搬送.
・と，同時に直交する方向（軸方向）へのある程度の移動.
・部分スライドローラ群の速度設定によって，直進／左右への移動方向の角度調整が可能
→コンベア上での横位置調整の可能性.

部分スライドローラ機構

基本構造

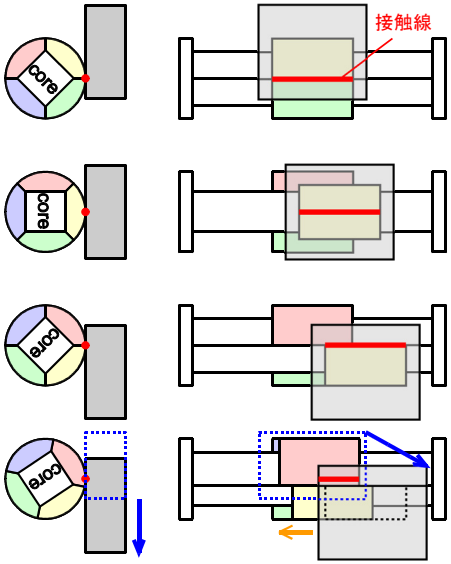
・ローラの外周を軸に平行な線で分割.
・コア(中央構造材)上で 側面(スライダ)をスライドできるようにする.
・非接触時にスライダが中央に復帰するようにバネを配置.

・第一自由度: ローラの回転　　能動 or 受動, 制限無し
　第二自由度: スライダの移動　　受動, 可動範囲に限度



転動時の第二自由度方向の連続移動原理

・転動とともに, 接触箇所は, スライダを順次乗り換える.
・一つのスライダが接触している間は, スライダが対象と一緒に横移動.
・いずれ, 接触箇所は, 中央に待機する次のスライダに乗り換える.
　もとのスライダはバネで中央部に復帰する.



動作図

【1】 ローラ中央部で対象物がローラと接触している. このとき, 黄色のスライダが対象物と線接触している.

【2】 黄色スライダに支持されながら対象物が移動するとともに, 何らかの外力で対象物とスライダが共に右方に移動する.

【3】 黄色スライダの端まで転がると, 次は中央で待機している隣の赤スライダとの接触に切り替わる.

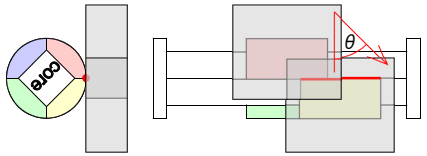
【4】 赤スライダが同様に支持しつつ転動する. 一方, 接触から解放された黄色スライダは中央に復帰し, 次の接触に備える。

スライドローラの設計パラメータ

動作限界の決定要素

・スライドローラの原理通りの動作条件: スライダが端に当たらないこと.
　スライドできる範囲内＝接触対象物の軸方向の移動をスライドで逃がす.
　スライド範囲を超える＝スライダ表面と対象物の摺動発生.

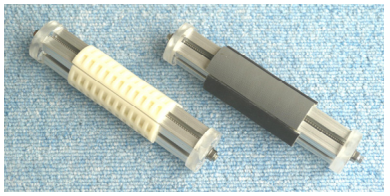
・「1個のスライダの転動長さ : スライダの可動範囲」 が
　移動可能な角度範囲を決める.

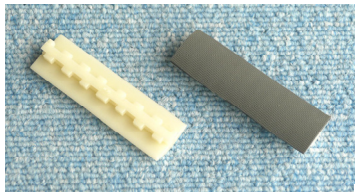


・1スライダに接触中の転動距離:
　$\pi D/N$　　D: 直径　N: 分割数
・スライド量
　$\pi D/N \tan\theta$　　θ : 進行角度
　これが可動範囲内であればよい

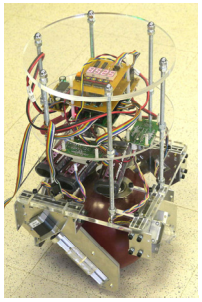
量産型試作品

・直径32mm　スライド±26mm　角度範囲±45度　(32×3.14/4≒25mm)
・コアはアルミフレーム□20mm (ヤマト製)
・スライダは射出成形による多量製造 (独自設計, プロトラブズ社製造)

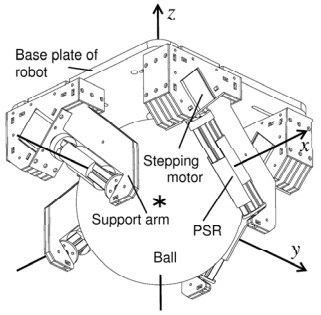




スライドローラの由来



BallIP-PSR



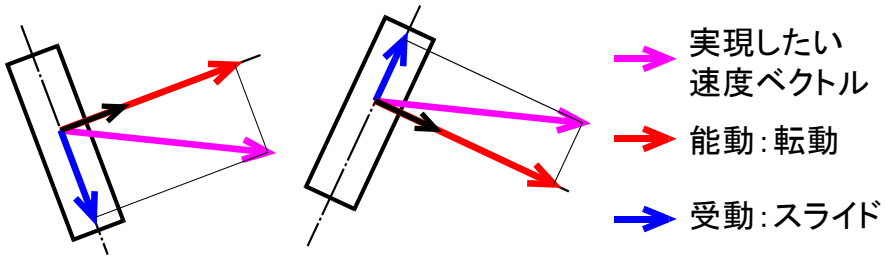
・当初は玉乗りロボットの球駆動機構用に開発.
・4本斜め配置で3自由度駆動.
・参考: IROS2010
　"Development of a Ball Drive Unit using Partially Sliding Rollers - An alternative mechanism for semi-omnidirectional motion -"

コンベア機構の原理

基本アイデア

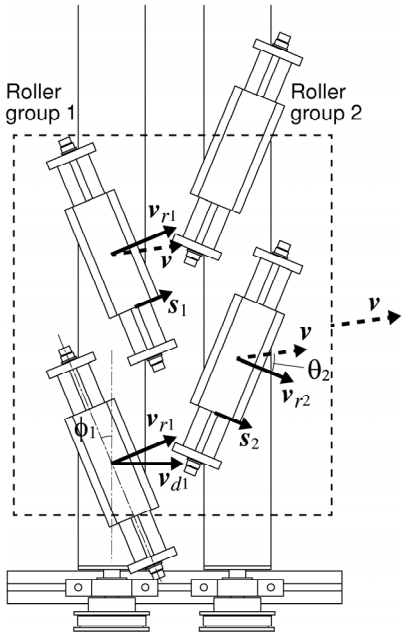
・複数の全方向移動車による多自由度の任意の移動
　＝ 各車輪の配置 ＋ 各車輪の能動回転 ＋ 各車輪の受動な逃がし

・部分スライドローラの能動回転の組み合わせ → 全体の移動ベクトル
　各ローラの受動スライド → ベクトルの不一致分を逃がす



配置例と速度演算式（運動学）

・搬送対象物は，複数（なるべく多く）のローラと接触する必要：密に配置
・制御の簡略化のために，ローラはグループ化して同方向/同速度回転．
・右述のドライブローラによる一括駆動方式．



○機構パラメータなど
・$\boldsymbol{v}$：　搬送対象物速度
・$\boldsymbol{s}$：　各スライドローラの転動方向
・ϕ：　各スライドローラの配置角度
・$\boldsymbol{v}_r$：　各スライドローラの能動転動速度
・$\boldsymbol{v}_d$：　駆動ローラの表面速度
　※速度＝ローラ半径×角速度

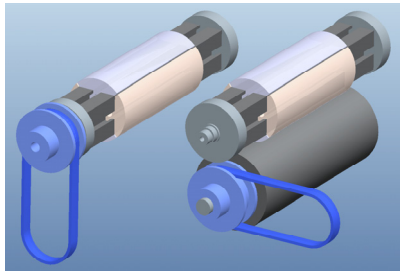
○対象物速度 → スライドローラ能動速度
・$|\boldsymbol{v}_r| = |\boldsymbol{v}|\cos\theta$
　$= \boldsymbol{v}\cdot\boldsymbol{s}$　　※符号を含む
　各ローラの速度をこの式で決定する．

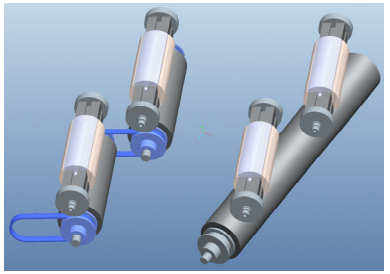
○スライドローラ速度 → 駆動ローラ
・$|\boldsymbol{v}_r| = |\boldsymbol{v}_d|\cos\phi$
　→ $|\boldsymbol{v}_d| = |\boldsymbol{v}_r| / \cos\phi$

ローラ駆動系の検討と実装

駆動系の問題

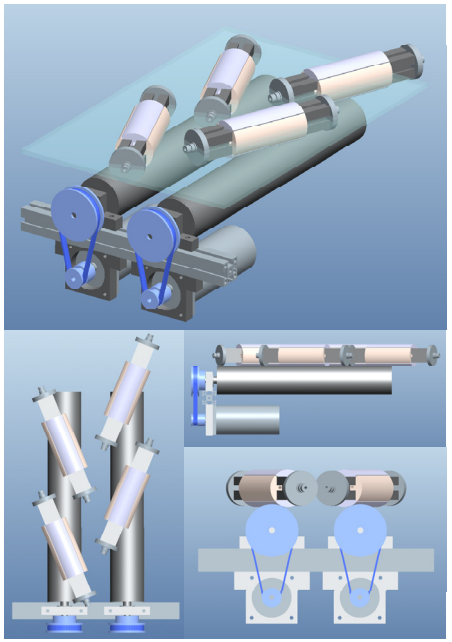
・いかに多数のローラを駆動するか．
・全てのローラに直接モータを取り付けることは非現実的 → 伝導手段

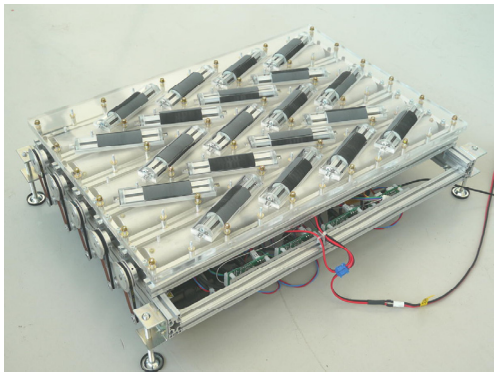

(a)　(b)


(c)　(d)

(a) ローラ軸に直接タイミングベルトを掛ける：　組み立て手順の複雑さ
(b) ドライブローラを設けて摩擦伝導＋ドライブローラを駆動：　上下の分離
(c) 個々にドライブローラを設置＋ベルトで連結：　依然として複雑
(d) ドライブローラを一本化：　部分スライドローラの特性により可能

ローラコンベア装置の実装





ローラ配置ピッチ：
　搬送方向　75mm　　横方向　150mm
駆動系：
　40W　DCサーボモータ（速度制御）
＋ タイミングベルト減速　1/3
＋ ドライブローラ φ40mm

動作試験と評価

試験方法

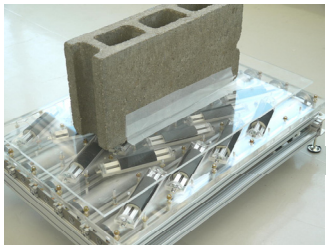
○重量物運搬試験

・被搬送物は10kgのコンクリートブロックを　幅約600×長300×t5 mm のアクリル板に乗せたもの
（質量および接触面積のため）

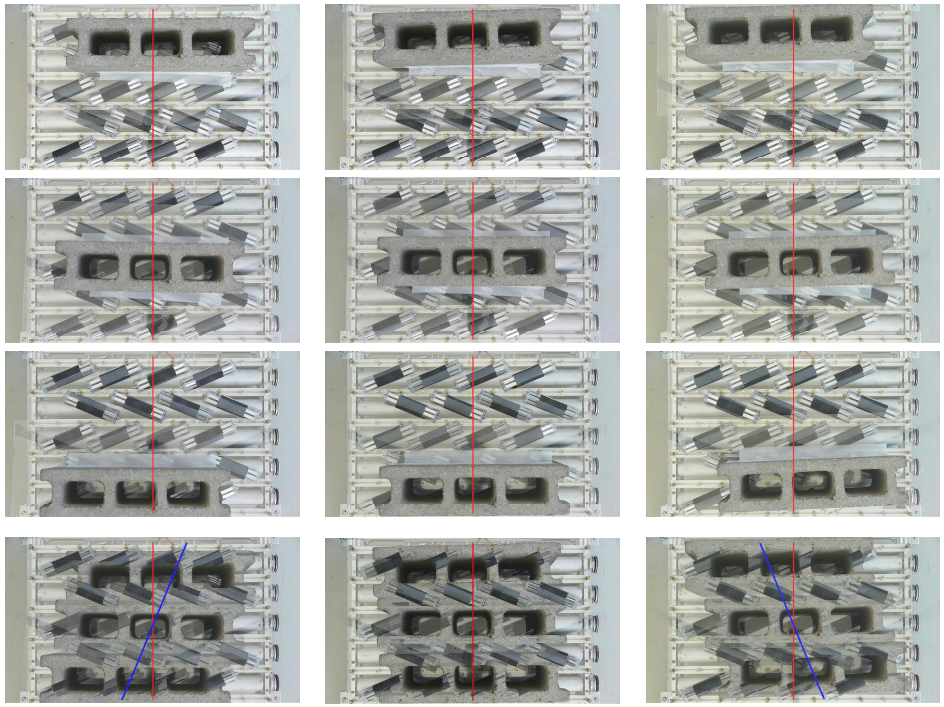
・搬送速度：　約100mm/s

・目標方向：　0deg，±22.5deg

・各モータの速度は事前に計算して指定



○実験結果　（映像／始点・中点・終点コマ）



左 22.5deg　　直 進　　右 22.5deg

青線：目標方向　赤線：直進方向

○結果概要

・横移動が可能なことは確認できたが，目標角度より大幅に低下．

・接触状態により、蛇行する場合がある．

・左方向への移動の確実さが低い＝ローラ数の非対称さに起因．

現状の課題と発展性

現試作装置に存在する課題

○ 非対称性

・対象への接触本数が大きく異なると，多い方に引きずられやすい．

○ コンベアの形状/寸法設計

・ローラの寸法で装置を決めており，小さな対象に対応しにくい．

・位置操作などの評価には，搬送方向の長さが必要．

○ ローラの実装

・スライダの戻しバネが強い　＝　復帰確実，軽いものは影響を受ける．

・表面のゴム素材が薄く固い　＝　多ローラでの接触が難．浮きやすい．

発展の可能性

・実装面の修正で改善は期待できる．

・ローラコンベアにスライドローラを搭載するだけという構造的単純さ．

・対象物が乗っているローラごとの速度制御で，個々に横移動
＝連続的に流れてくるときにも個別対処可能．
※レーザーレンジファインダ等の位置計測手法は必要

まとめ　，*etc.*

まとめ

・部分スライドローラ機構の応用例として，横移動可能なローラコンベア装置を検討し，実機によってその原理検証を行った．

・ローラ群を駆動するために，単一の駆動ローラからの摩擦伝導方式を提案し，簡素な機構で多数のローラの駆動を可能とした．

・現試作機には課題が多いが，改善は可能と考えられる．

謝　辞

本研究は「復興促進プログラム（A-STEP）探索タイプ」の支援をうけて実施致しました（課題番号：241FT0219）．

実験装置の開発には東北学院大学工学部機械工場にご協力頂きました．