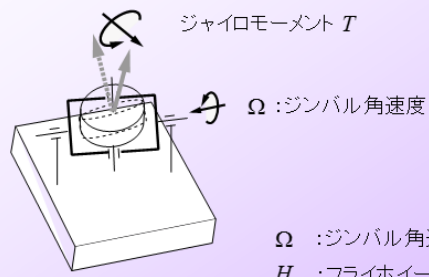


車載用フライホイールのジャイロ機能に関する研究 Gyro Function of Flywheel as Energy Storage System of Vehicles

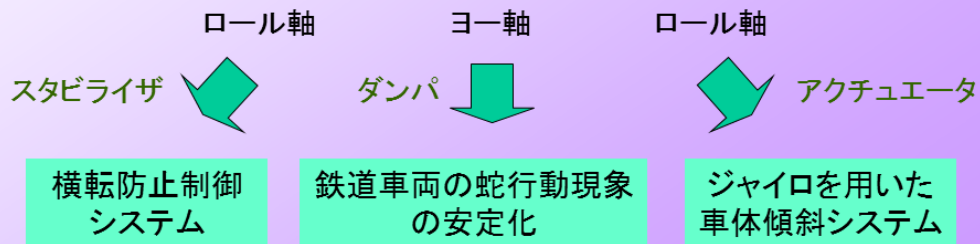
ジャイロによる車両運動制御の提案

原理



$$\Omega \times H = T$$

トルクの増幅効果



横転防止制御システム

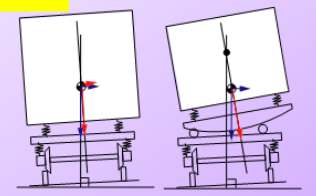
鉄道車両の蛇行動現象の安定化

ジャイロを用いた車体傾斜システム

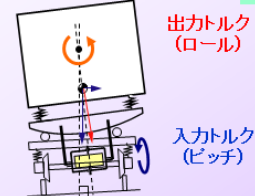
ジャイロを用いた車体傾斜システム

鉄道における振り車両

慣性による緩和曲線での振り遅れが課題 → 空気圧シリンダなどによるアクティブ制御



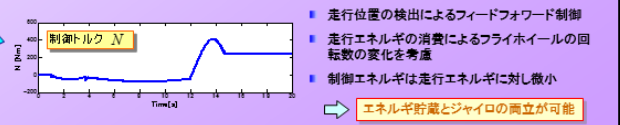
ジャイロをアクチュエータとして利用



マルチボディダイナミクスにより運動方程式、フィードフォワード制御量を算出

$$N = (J_{ocx} + J_{ocx}')s^2\theta_{BC} - J_{ocx}'s^2\theta_{CD} + J_{ocx}'s^2\theta_{CD}\theta_{\alpha} + J_{ocx}'s^2\theta_{CD}\theta_{\beta}$$

$$\theta_{BC} = -\frac{m_{115}^2\theta_{AB} + c_{\theta}\theta_{AB} + Mg\theta_{AB} - \frac{Mgpl^2}{R} + J_{ocx}'s^2\theta_{CD}\theta_{\alpha}}{J_{ocx}'s^2\theta_{CD}}$$



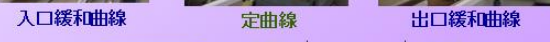
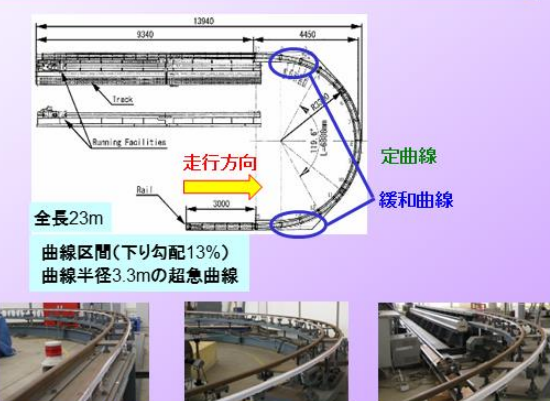
トルクの増幅効果
 $T = \Omega \times J\Omega$
 ジンバルの回転角速度×トルク(入力)

1/10スケール車両による車体傾斜システムの実証実験

フライホイール二つを搭載した模型車両



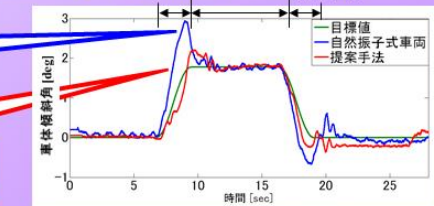
フライホイール仕様*
 全質量: 約20kg 材料: スチール
 直径: 150mm程度 容器内: 非真空
 容量: 2.2Wh
 運転回転数: 1000~7200rpm
 *: 株式会社ジェイテクトと共同で製作



速度1.0m/s

自然振り式車両 → 目標傾斜角に対する遅れ発生

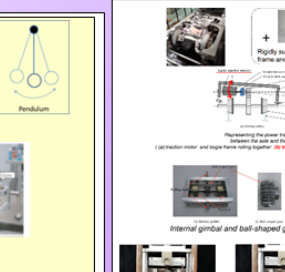
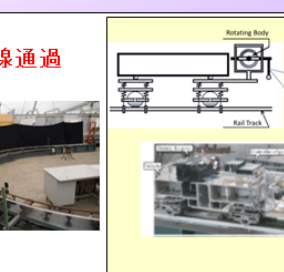
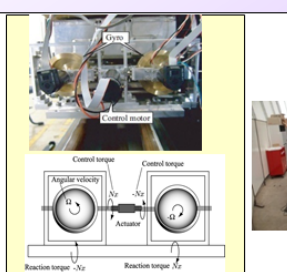
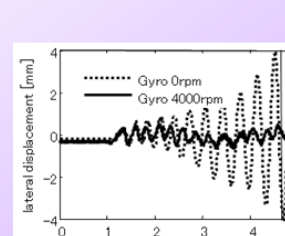
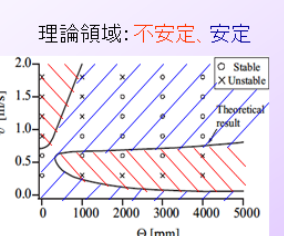
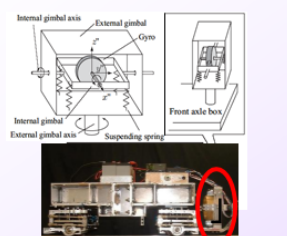
提案手法 → 目標傾斜角に対する遅れを抑制



鉄道車両の蛇行動現象の安定化

- 車両進行方向に回転軸を有するジャイロを設置
- ジャイロによりヨーイングの安定性を向上を図る

共同研究: 筑波大学 藪野研究室



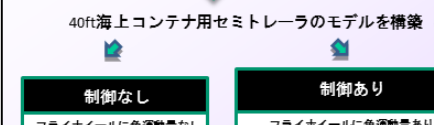
制御付きダブル・ジャイロ・システムを考案し、ジャイロダンパとしての機能を損ない、振り付きシングル・ジャイロ・システムを考案し、パッシブでシステムを実現

横転防止制御システム

ジャイロ効果によるトレイラの横転防止の有効性を検討

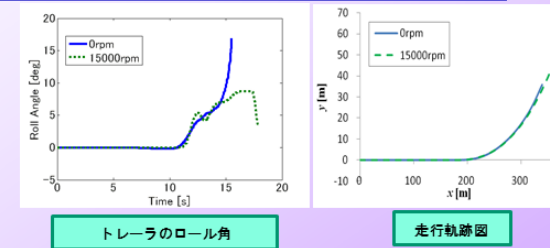
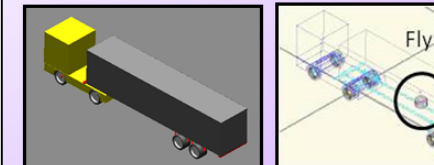
マルチボディ・ダイナミクス・プログラムであるADAMS

40ft海上コンテナ用セミトレーラのモデルを構築 (28個の剛体)

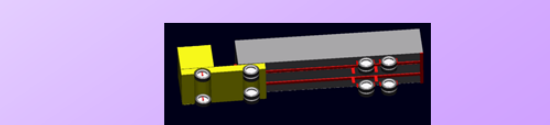


横転を再現できる走行条件でシミュレーション (110km/h走行, トラクタ操舵輪: 実機同様のランパ入力)

ジャイロ効果による横転防止の有効性を検討
 横転防止可能なフライホイールのスペックについて検討



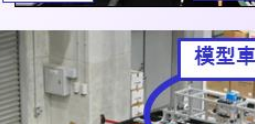
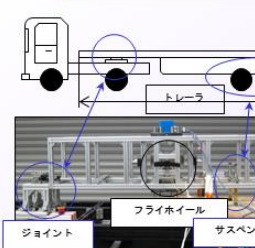
シミュレーション条件
 110km/h走行, トラクタ操舵輪舵角4degのランパ入力(10s~11s)
 24tonの40ft海上コンテナ



フライホイール作動無し: 15秒付近において横転
 フライホイール作動無し: 横転防止
 24tonの40ft海上コンテナの横転防止には、約40000Nmの角運動量が必要

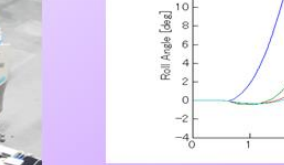
ジャイロ効果による横転防止の有効性を確認

フライホイールによる横転防止効果の実験

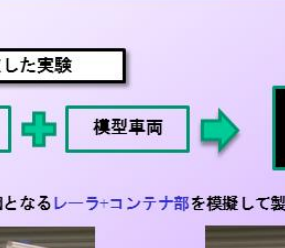


安全かつ再現性を考慮した実験
 台上試験装置 + 模型車両 → ジャイロ効果による横転防止の有効性

セミトレーラ横転の主な原因となるレラトコンテナ部を模倣して製作

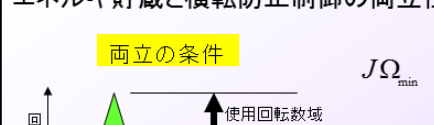


ロール姿勢角



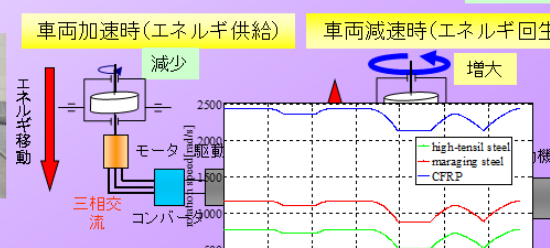
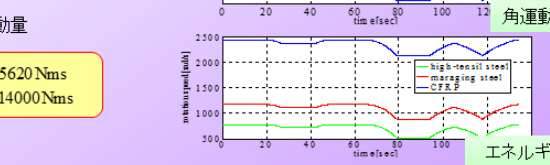
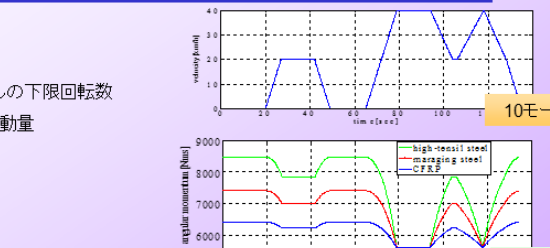
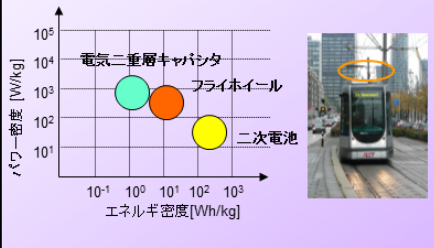
エネルギー貯蔵と車両運動

エネルギー貯蔵と横転防止制御の両立性



横転防止制御システム $L=5620\text{Nm}$
 車体傾斜システム $L=14000\text{Nm}$

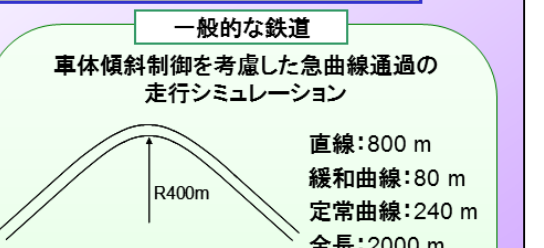
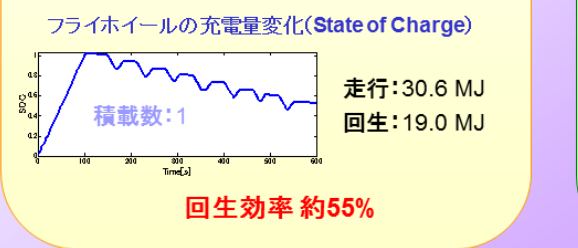
フライホイール式エネルギー貯蔵装置



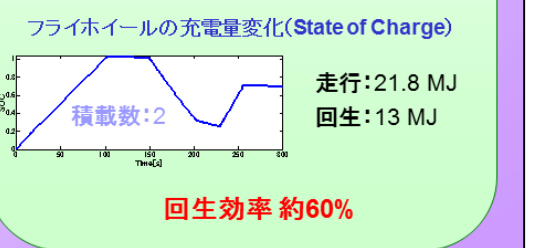
車載用フライホイールのエネルギー貯蔵特性



質量(M): 28 t $R_r = 29 \cdot M$ [N] 出発抵抗
 歯数比: 6.42 $R_r = (2.4 + 0.022v + 0.0006v^2) Mg$ [N] 走行抵抗
 輪径: 660mm



直線: 800 m
 緩和曲線: 80 m
 定常曲線: 240 m
 全長: 2000 m



共同研究: 株式会社ジェイテクト、CCM