

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2014-521549

(P2014-521549A)

(43) 公表日 平成26年8月28日(2014.8.28)

(51) Int.Cl.

B61F 5/24

(2006.01)

F 1

B 61 F 5/24

テーマコード (参考)

Z

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2014-522158 (P2014-522158)  
 (86) (22) 出願日 平成24年7月27日 (2012.7.27)  
 (85) 翻訳文提出日 平成26年3月25日 (2014.3.25)  
 (86) 國際出願番号 PCT/GB2012/051814  
 (87) 國際公開番号 WO2013/014464  
 (87) 國際公開日 平成25年1月31日 (2013.1.31)  
 (31) 優先権主張番号 1112902.0  
 (32) 優先日 平成23年7月27日 (2011.7.27)  
 (33) 優先権主張国 英国(GB)

(71) 出願人 501308812  
 ケンブリッジ エンタープライズ リミテッド  
 イギリス国, シービー2 1ティーエヌ  
 ケンブリッジ, トリニティー レーン, ジ  
 オールド スクールズ  
 (71) 出願人 511094587  
 ラフバラ・ユニバーシティ  
 LOUGHBOROUGH UNIVERSITY  
 イギリス国エルバー11・3ティーユー・  
 レスター・シャー、ラフバラ  
 Loughborough Leicestershire LE11 3TU GB

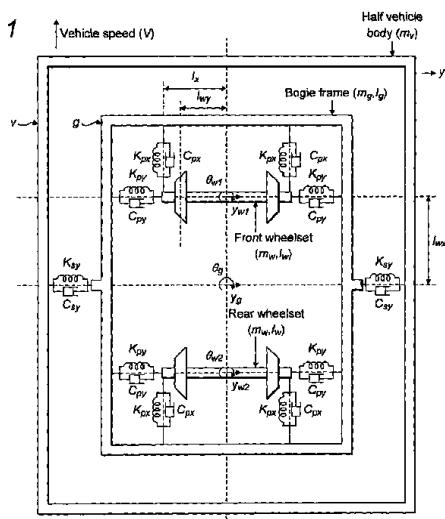
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】列車用サスペンションシステム

## (57) 【要約】

列車車両用サスペンションシステムは、軌道の摩耗を最小限にするために、少なくとも1つのイナータを含む。軌道の摩耗は、摩耗仕事量などの直接的な評価基準か、またはヨー剛性などの間接的な評価基準によって評価することができる。軌道の摩耗を「最小限にする」とは、乗り心地または最小減衰比などの他の性能基準の値を許容可能範囲に維持しながら、上記の評価基準を従来技術で達成可能な値未満に低減することを意味する。サスペンションシステムは、少なくとも1つのイナータに直列に連結された少なくとも1つのダンパを含むことができる。サスペンションシステムは、列車車両の主または補助サスペンションシステムとすることができます。

FIG. 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

使用時に、軌道の摩耗が最小限になるように、少なくとも 1 つのイナーラを含む列車車両用サスペンションシステム。

## 【請求項 2】

前記列車車両のヨー剛性が最小化される、請求項 1 に記載の列車車両用サスペンションシステム。

## 【請求項 3】

前記少なくとも 1 つのイナーラに連結された少なくとも 1 つのダンパをさらに含む、請求項 1 または 2 に記載の列車車両用サスペンションシステム。

## 【請求項 4】

前記少なくとも 1 つのダンパは、前記少なくとも 1 つのイナーラに直列に連結される、請求項 3 に記載のサスペンションシステム。

## 【請求項 5】

横方向補助サスペンションシステムである、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のサスペンションシステム。

## 【請求項 6】

横方向主サスペンションシステムである、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のサスペンションシステム。

## 【請求項 7】

前記列車車両の性能基準は所定の範囲を有し、前記性能基準には、最大横方向物体加速度および最小減衰比の少なくとも 1 つが含まれる、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のサスペンションシステム。

## 【請求項 8】

前記横方向物体加速度は、 $2 \text{ m} / \text{s}^2$  未満、好ましくは $1 \text{ m} / \text{s}^2$  未満、より好ましくは $0.2204 \text{ m} / \text{s}^2$  未満である、請求項 7 に記載のサスペンションシステム。

## 【請求項 9】

前記最小減衰比は 5 % よりも大きい、好ましくは 1 % よりも大きい、より好ましくは 0.1 % よりも大きい、請求項 7 または 8 に記載のサスペンションシステム。

## 【請求項 10】

前記最小化されたヨー剛性は、 $3.77 \times 10^7 \text{ N} / \text{m}$  未満、より好ましくは $4.38 \times 10^6 \text{ N} / \text{m}$  未満、さらにより好ましくは $4.12 \times 10^6 \text{ N} / \text{m}$  未満である、請求項 2 ~ 9 のいずれか一項に記載のサスペンションシステム。

## 【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載のサスペンションシステムを含む列車車両。

## 【請求項 12】

軌道の摩耗を低減する方法であって、軌道の摩耗が最小限になるように、少なくとも 1 つのイナーラを含む列車車両用のサスペンションシステムを設けるステップを含む方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、概略的には、列車車両用のサスペンションシステムに関し、特に、軌道の摩耗を低減するように設計された列車車両用サスペンションシステムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

列車の前進速度が、高速で走行する列車の横振動を意味する「乱調」動作によって制限されるのは公知である。したがって、列車は、「臨界速度」と呼ばれる上限速度を有する。列車の臨界速度を上げるために、これまでいくつかの試みがなされてきた。例えば、Wang, Fu - Cheng and Liao, Min - Kai (2010) 'The lateral stability of train suspension sys

10

20

30

40

50

systems employing inerters', Vehicle System Dynamics, 38:5, 619は、鉄道用サスペンションシステムで「イナータ(inertor)」を使用することで臨界速度を改善しようとしている。

【0003】

「イナータ」とは、例えば、米国特許第7,316,303B号明細書に開示しているように、終端部の機械力が終端部間の相対加速度に比例するように、これらの機械力を制御する構成とされた機械式2終端要素を意味する。イナータは、スプリングおよびダンパと共に、機械要素と電気要素との間に完全な類似性をもたらし、任意の受動的機械インピーダンスが統合されるのを可能にする。イナータは、システム性能を改善するために、自動車のサスペンションシステムなどの機械システムで徐々に使用されている。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の列車用サスペンションシステムの欠点は、軌道摩耗対策と他の重要な性能対策との間に困難な二律背反性があることである。軌道の摩耗は、これが大きな列車事故の原因であることから危険なものであり、鉄道システムの高コストで不可欠な保守を必要とする。英国では、例えば、2007年～2008年で、軌道の修復に9億2千300万英ポンドが費やされた。この手法はコストがかかるだけでなく、列車のスケジュールおよび乗客の移動に大きな混乱をもたらす。

【0005】

本発明は、先行技術の欠点を解決し、軌道の摩耗を低減することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明によれば、使用時、軌道の摩耗が最小限になるように、少なくとも1つのイナータを含む列車車両用のサスペンションシステムが設けられる。本発明によれば、軌道の摩耗を低減する方法が提供され、その方法は、軌道の摩耗が最小限になるように、少なくとも1つのイナータを含む列車車両用のサスペンションシステムを設けるステップを含む。軌道の摩耗は、例えば、摩耗仕事量などの直接的な評価基準か、またはヨー剛性などの間接的な評価基準によって評価することができる。

【0007】

軌道の摩耗を「最小限にする」とは、例えば、乗り心地または最小減衰比などの他の性能基準の値を許容可能範囲に維持しながら、上記の評価基準を従来技術で達成可能な値未満に低減することを意味する。例えば、本発明によれば、イナータを使用してヨー剛性を最小化することができる。

30

【0008】

性能基準は所定の範囲を有するのが好ましい。乗り心地および最小減衰比の代用となる最大横方向物体加速度Maccの「許容可能値」のいくつかの例が下記に示される。ただし、当然のことながら、「許容可能値」および関連する性能基準は、鉄道車両の使用法およびタイプに応じて変わることがある。

【0009】

ヨー剛性を最小化することで、過剰な車輪・レール力が低減され、それにより、鉄道車両の曲線通過性能が改善される、すなわち、転がり接触疲労(RCF)が軽減または防止される。これには、一般的な軌道構成要素に作用する負荷を低減し、定期軌道保守のレベルを下げ、大規模な軌道修復を行う必要性をなくすという効果がある。

40

【0010】

サスペンションシステムは、少なくとも1つのイナータに連結された少なくとも1つのダンパをさらに含むことができる。好ましい実施形態では、サスペンションシステムは、ダンパと直列になったイナータを含む。本発明によるサスペンションシステムは、横方向の主または補助サスペンションシステムとすることができます。「横方向」サスペンションシステムは、長手方向(軌道に沿った進行方向)に対して垂直な力を伝達する。「主」サ

50

スペンションシステムは、輪軸の車軸と台車との間の連結器を含み、一方、「補助」サスペンションシステムは、車両本体と台車との間の連結器を含む。

【0011】

ここで、本発明の特定の例が、以下の図を参照してさらに詳細に説明される。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】従来の列車システムの平面図を示している。

【図2】図1に示す列車システムの7自由度モデルのパラメータおよびデフォルト設定を記載した表である。

【図3】本発明によるシステムの平面図を示しており、主および補助横方向サスペンションY1、Y2、Y3は、図4(b)、図4(c)、図5(b)、図5(c)に示されるイナータを含む機械回路である。

【図4】従来のサスペンションレイアウト(a)と、補助サスペンションY1用のイナータ $b_{sy}$ を組み込んだ提案レイアウト(b)、(c)とを示している。

【図5】従来のサスペンションレイアウト(a)と主サスペンションY2、Y3用の、イナータ $b_{py}$ を組み込んだ提案レイアウト(b)、(c)とを示している。

【図6】ヨー剛性を最小化した結果を記載した表である。

【図7】図6に示す表の1行および2行の方式の場合の、速度に対する、(a)横方向物体加速度と、(b)最小減衰比とを示すグラフである。

【図8】図6に示す表の3行および4行の方式の場合の、速度に対する、(a)横方向物体加速度と、(b)最小減衰比とを示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

図1は、車両本体v、1つの台車枠g、および2つの中実車軸の輪軸wを含む従来の列車システム1を示しており、各輪軸は、車軸の両側に2つの車輪を含む。本体vは、高速列車車両または担体の本体の半分に相当する。台車gは、軌道または線路に沿って本体を担持および案内するために使用される。台車は、列車が軌道に沿って移動するときに、乗客または貨物が受ける振動を弱めるために、車両本体と車輪との間の「緩衝材」として列車の設計に従来から使用されてきた。

【0014】

輪軸wおよび台車gは、主サスペンションシステム $K_p/C_p$ によって連結されている。長手方向(x方向)および横方向(y方向)の連結器のみが図1に示されている。重ね板ばね式軸箱サスペンションを有する、鋼製コイル式または鋼製プレート式の骨組み構造台車gなどの任意の適切なサスペンションシステムを使用することができる。主サスペンションシステム $K_p/C_p$ の(横方向および長手方向の)連結器は、等価の「ばね-ダンパ」回路で表され、各回路は、減衰常数 $C_p$ のダンパと並列になった剛性 $K_p$ のばねを含む。

【0015】

例えば、空気サスペンションを使用する補助サスペンションシステム $K_s/C_s$ は、本体vと台車gとの間に組み込まれている。補助サスペンションシステム $K_s/C_s$ は、等価の「ばね-ダンパ」回路で表すこともでき、各回路は、ダンパ $C_s$ と並列になったばね $K_s$ を含む。

【0016】

したがって、図1に示す列車システム1は、主サスペンションシステムおよび補助サスペンションシステムを含む「2段サスペンションシステム」の例を示している。ただし、当然のことながら、列車システムは、本体と輪軸との間に単一のサスペンションシステムを組み込んだ「単一段サスペンションシステム」とすることもできる。

【0017】

図1のシステムの長手方向連結器はヨーモードに寄与し、これらの寄与のみが下記に説明するモデルで考慮される。垂直モード、長手方向モード、およびロールモードは、この

10

20

30

40

50

モデルに含まれない。

【0 0 1 8】

図1の従来の列車システム1は、各輪軸( $y_{w1}$ 、 $y_{w1}$ 、 $y_{w2}$ 、 $y_{w2}$ )および台車枠( $y_g$ 、 $y_g$ )に対して横方向モードおよびヨーモードを含み、車両本体( $y_v$ )に対して横方向モードを含む7自由度(7-DOF)モデルによって記述することができる。システム1は、図2に示す表1で定義したパラメータを用いて、下記に示す式(1)～(7)によってモデル化することができる。

【数1】

$$m_w \ddot{y}_{w1} = 2K_{py} (y_g - y_{w1}) + 2C_{py} (\dot{y}_g - \dot{y}_{w1}) - \frac{2f_{22}}{V} \dot{y}_{w1} + 2f_{22} \theta_{w1} + 2K_{py} l_{wx} \theta_g + 2C_{py} l_{wx} \dot{\theta}_g + m_w \left( \frac{V^2}{R_1} - g \theta_{e1} \right), \quad (1)$$

$$I_w \ddot{\theta}_{w1} = -\frac{2f_{11}l_{wy}^2}{V} \dot{\theta}_{w1} - \frac{2f_{11}\lambda l_{wy}}{r_0} y_{w1} + 2K_{px} l_x^2 (\theta_g - \theta_{w1}) + 2C_{px} l_x^2 (\dot{\theta}_g - \dot{\theta}_{w1}) + \frac{2f_{11}l_{wy}^2}{R_1} - \frac{2f_{11}\lambda l_{wy}}{r_0} y_{e1} + \frac{2K_x l_{wx} l_x^2}{R_1}, \quad (2)$$

$$m_w \ddot{y}_{w2} = 2K_{py} (y_g - y_{w2}) + 2C_{py} (\dot{y}_g - \dot{y}_{w2}) - \frac{2f_{22}}{V} \dot{y}_{w2} + 2f_{22} \theta_{w2} - 2K_{py} l_{wx} \theta_g - 2C_{py} l_{wx} \dot{\theta}_g + m_w \left( \frac{V^2}{R_2} - g \theta_{e2} \right), \quad (3)$$

$$I_w \ddot{\theta}_{w2} = -\frac{2f_{11}l_{wy}^2}{V} \dot{\theta}_{w2} - \frac{2f_{11}\lambda l_{wy}}{r_0} y_{w2} + 2K_{px} l_x^2 (\theta_g - \theta_{w2}) + 2C_{px} l_x^2 (\dot{\theta}_g - \dot{\theta}_{w2}) + \frac{2f_{11}l_{wy}^2}{R_2} - \frac{2f_{11}\lambda l_{wy}}{r_0} y_{e2} - \frac{2K_x l_{wx} l_x^2}{R_2}, \quad (4)$$

$$m_g \ddot{y}_g = 2K_{py} (y_{w1} - y_g) + 2K_{py} (y_{w2} - y_g) + 2C_{py} (\dot{y}_{w1} - \dot{y}_g) + 2C_{py} (\dot{y}_{w2} - \dot{y}_g) + 2K_{sy} (y_v - y_g) + 2C_{sy} (\dot{y}_v - \dot{y}_g) + m_g V^2 \left( \frac{1}{2R_1} + \frac{1}{2R_2} \right) - m_g g \left( \frac{\theta_{e1}}{2} + \frac{\theta_{e2}}{2} \right), \quad (5)$$

$$I_g \ddot{\theta}_g = 2K_{py} l_{wx} (y_{w1} - y_g) + 2K_{py} l_{wx} (y_g - y_{w2}) + 2C_{py} l_{wx} (\dot{y}_{w1} - \dot{y}_g) + 2C_{py} l_{wx} (\dot{y}_g - \dot{y}_{w2}) + 2K_{px} l_x^2 (\theta_{w1} - \theta_g) + 2K_{px} l_x^2 (\theta_{w2} - \theta_g) + 2C_{px} l_x^2 (\dot{\theta}_{w1} - \dot{\theta}_g) + 2C_{px} l_x^2 (\dot{\theta}_{w2} - \dot{\theta}_g) - 4K_{py} l_{wx} \theta_g - 4C_{py} l_{wx}^2 \dot{\theta}_g - \frac{2K_x l_{wx} l_x^2}{R_1} + \frac{2K_x l_{wx} l_x^2}{R_2}, \quad (6)$$

$$m_v \ddot{y}_v = 2K_{sy} (y_g - y_v) + 2C_{sy} (\dot{y}_g - \dot{y}_v) + m_v V^2 \left( \frac{1}{2R_1} + \frac{1}{2R_2} \right) - m_v g \left( \frac{\theta_{e1}}{2} + \frac{\theta_{e2}}{2} \right), \quad (7)$$

【0 0 1 9】

状態空間形式は、次の式に示す通りに、式(1)～(7)から導出することができる。

【数2】

$$\dot{x} = Ax + Bu,$$

上式で、

【数3】

$$x = [\dot{y}_{w1}, y_{w1}, \dot{\theta}_{w1}, \theta_{w1}, \dot{y}_{w2}, y_{w2}, \dot{\theta}_{w2}, \theta_{w2}, \dot{y}_g, y_g, \dot{\theta}_g, \theta_g, \dot{y}_v, y_v]^T, \\ w = [1/R_1, \theta_{e1}, y_{e1}, 1/R_2, \theta_{e2}, y_{e2}]^T.$$

10

20

30

40

50

## 【0020】

ベクトル  $w$  は、鉄道軌道からの入力（曲率、傾斜角、および軌道横方向確率的変位）を定義するために使用される。湾曲部に入ると、軌道は直線から半径 ( $R_1$ 、 $R_2$ ) および傾斜角 ( $c_1$ 、 $c_2$ ) の標準値に即座に変化することができない。控えめに想定して、 $R_1$ 、 $R_2$  および  $c_1$ 、 $c_2$  は、移行時間が 3 秒の勾配を有する。実際上、高速列車の場合、車両および軌道のタイプに応じたより長い移行時間が適切である。直線軌道の横方向の確率的入力 ( $y_{t1}$ 、 $y_{t2}$ ) は、不規則性のレベルが比較的高い広範な周波数スペクトルをとる。

## 【0021】

下記に提示した例では、 $y_{t1}$  ( $t$ ) は、二次フィルタ  $H(s) = (21.69s^2 + 105.6s + 14.42) / (s^3 + 30.64s^2 + 24.07s)$  の出力と定義され、二次フィルタの入力は、下記に示す片側パワースペクトルを用いた処理である。  
10

$$S_s(f_s) = A_v / (f_s)^2$$

上式で、 $A_v$  は軌道粗さ係数であり、 $f_s$  は、空間周波数（サイクル/メートル）である。物体横方向加速度は、根二乗平均 ( $r.m.s$ ) 加速度  $J_1$  で表して定量化され、共分散法、時間領域シミュレーション法、および周波数計算法を用いて評価される。3 つの方法による結果はすべて一貫している。周波数計算の場合、 $J_1$  は以下の式で表される。

## 【数4】

$$\begin{aligned} J_1^2 &= \int_0^{\infty} (G_{y_{t1}}(j2\pi f)H(j2\pi f)(1+e^{-j2\pi fT_d}))^2 \dot{S}_z df, \\ &\approx \Delta f \dot{S}_z \sum_{f=0.01}^{20\text{Hz}} (G_{y_{t1}}(j2\pi f)H(j2\pi f)(1+e^{-j2\pi fT_d}))^2, \end{aligned}$$

20

20

上式で、

## 【数5】

$$\dot{S}_z = \frac{(2\pi)^2 A_v V}{f}, (ms^{-1})^2 (\text{Hz})^{-1},$$

30

$T_d$  は、前部および後部の輪軸間の軌道入力の遅延時間であり、 $21_{w_x} / V$  秒に等しく、 $1_{w_x}$  は、車輪の長手方向間隔の半分であり、 $V$  は、システムの長手方向  $x$  の速度である。

## 【0022】

標準速度  $V$  は  $55 \text{ m/s}$  と想定されている。速度  $V$  が  $1 \text{ m/s} \sim 55 \text{ m/s}$  で変化する場合、デフォルトのサスペンションレイアウトおよびパラメータ設定を使用すると、最小減衰比 ( $L_{dmp}$ ) は  $6.45\%$  と算出することができる（これは、標準速度で達成される）。共分散法を使用すると、入力として  $y_{t1}$  および  $y_{t2}$  を用いて、速度が  $55 \text{ m/s}$  のときに最大横方向物体加速度 ( $M_{acc}$ ) は  $0.2204 \text{ m/s}^2$  であると算出することもできる。  
40

## 【0023】

最近の研究（例えば、Ingenia online, 'Why rail is crack', Andy Doherty, Steve Clark, Robert Care and Mark Dembosky, Issue 23 June 2005 を参照のこと）から、軌道摩耗の主因は、転がり接触する物体で生じる転がり接触疲労 (RCF) と呼ばれる現象であると分かった。そのような物体は、物体が接触する領域の接触圧力および剪断力の大きさに応じて、様々な形で互いに損傷することがある。鉄道システムの場合、RCF は、主に過剰な車輪 - レール力に起因する。これらの車輪 - レール力は、主にレールに対する車軸のシフトによって引き起こされる。

40

50

## 【0024】

図1に示すシステム1などの列車システムでの過剰な車輪-レール力は、高いヨー剛性をもたらす、主長手方向ばね剛性  $K_{p_x}$  の高い値に直接関係する。高いヨー剛性  $K_{p_x}$  は、良好な高速安定性をもたらすが、RCFの原因である非常に高いクリープ力を発生させる。

## 【0025】

ヨー剛性の他に、車輪-レール境界面で放散されるエネルギーの尺度である摩耗仕事量などの軌道摩耗の直接的な評価基準がある。軌道摩耗を低減するために、本発明によるシステムは、横方向サスペンションにイナータを使用する。これには、下記に説明するように、例えば、ヨー剛性  $K_{p_x}$  を低くすることで、軌道摩耗を低減するという効果がある。

10

## 【0026】

本発明によれば、図3のシステム2は、上記に説明した図1の従来のシステム1と同じ要素を含み、さらに、図4(b)、図4(c)、図5(b)、図5(c)に示すように、(y方向の)主および/または補助サスペンションシステムの横方向連結器にイナータ装置bを含む。最も一般的な形態では、「イナータ」とは、終端部間に連結されて、終端部の機械力が終端部間の相対加速度に比例するように、これらの機械力を制御する手段を含む機械式2終端要素を意味する。イナータは、次の式によって定義される。

## 【数6】

$$F = b \frac{dv_2 - v_1}{dx}$$

20

上式で、Fは、加えられる力であり、bは、システムの「イナータンス」を表す固定項または可変関数のいずれかであり、v1およびv2は、2つの終端部の対応する速度である。

## 【0027】

式(1)~(7)に従って上記に定義した7-DOFモデルにおいて、ヨー剛性  $K_{p_x}$  が最小化される。制限条件は、Ldmpがすべての速度値(1~55m/s)にわたって5%を超えることであり、Maccが、少なくとも標準値(0.2204m/s<sup>2</sup>)と同程度に良好なことである。主および補助横方向ばね剛性( $K_{p_y}$ 、 $K_{s_y}$ )は固定され、最適化は、最初に補助横方向サスペンションに対してだけ行われ、次いで、主および補助の両方のサスペンションに対して行われる。図1に示される(イナータのない)従来のシステム1についての結果を、本発明によるシステム2について得られた結果と比較する。これらの結果は、イナータ装置を使用することで、 $K_{p_x}$ 値を6%改善できることを示している。すべてのパラメータ値を、例えば、ばね剛性値を任意に大きくできないなど、物理的に妥当な範囲内に制限した。

30

## 【0028】

図7は、補助横方向サスペンションだけを含む最適化の場合の、速度の関数としての横方向物体加速度(Macc)および最小減衰比(Ldmp)を示している。連続曲線は、図1に示される従来のシステムシステム1である(イナータなし)。破線の曲線は、図4(c)に示す、本発明によるシステム2である。

40

## 【0029】

図8は、主および補助横方向サスペンションを両方含む最適化の場合の、速度の関数としての横方向物体加速度(Macc)および最小減衰比(Ldmp)を示している。連続曲線は、図1に示される従来のシステム1である(イナータなし)。破線の曲線は、図4(c)および図5(c)に示される、本発明によるシステム2である。図5および図6から、LdmpおよびMaccに関する制限条件がすべて満たされていることが分かる(Ldmpは5%を超え、Maccは、少なくとも標準値0.2204m/s<sup>2</sup>と同程度に良好である)。

## 【0030】

本発明によるシステム2は、横方向の主または補助サスペンションシステムに少なくと

50

も 1 つの直列型ダンパ - イナータシステムを含むのが好ましい。ただし、当然のことながら、イナータと、ダンパまたは横方向サスペンションシステムの他の機械要素との様々な組み合わせを有することが可能である。本発明による実施形態は、図 3 に示す、輪軸  $w$  と台車  $g$  との間、さらには台車と本体  $v$  との間の 1 つまたは複数の連結点に、イナータ - ダンパの組み合わせを含むことができる。

【 図 1 】

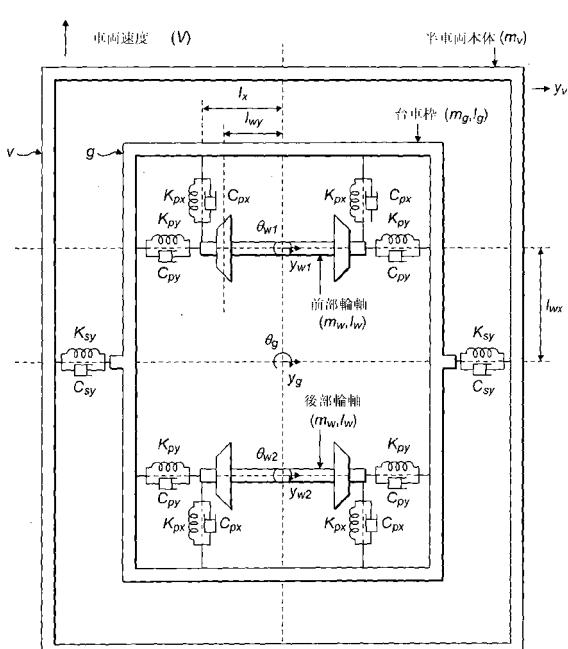


FIG. 1

【 四 2 】

表 1

記号	パラメータ	単位	標準値
$V$	車両速度	$\text{ms}^{-1}$	1 ~ 55
$m_w$	輪軸質量	$\text{kg}$	1376
$l_w$	輪軸ヨー慣性	$\text{kgm}^2$	766
$m_g$	台車枠質量	$\text{kg}$	3477
$l_g$	台車枠ヨー慣性	$\text{kgm}^2$	3200
$m_v$	半車両本体質量	$\text{kg}$	17230
$r_0$	車輪半径	$\text{m}$	0.445
$\lambda$	車輪コニシティ	-	0.3
$f_{11}, f_{22}$	長手方向および横方向クリープ係数	$\text{N}$	$10\text{e}7$
$l_{wx}$	輪軸の長手方向間隔の半分	$\text{m}$	1.225
$l_{wy}$	輪軸の車輪間隔の半分	$\text{m}$	0.75
$l_x$	ステアリングリンクケージおよび主長手方向サスペンションの横方向間隔の半分	$\text{m}$	1.2
$K_{px}$	軸箱当たりのステアリングリンクケージ剛性に主長手方向減衰度を加えたもの	$\text{Nm}^{-1}$	$3.766 \times 10^7$
$C_{px}$	軸箱当たりのステアリングリンクケージ減衰度に主長手方向減衰度を加えたもの	$\text{Nsm}^{-1}$	$1.017 \times 10^4$
$K_{py}$	軸箱当たりの主横方向剛性	$\text{Nm}^{-1}$	$4.71 \times 10^6$
$C_{py}$	軸箱当たりの主横方向減衰度	$\text{Nsm}^{-1}$	$1.2 \times 10^4$
$K_{sy}$	軸箱当たりの補助横方向剛性	$\text{Nm}^{-1}$	$2.45 \times 10^5$
$C_{sy}$	軸箱当たりの補助横方向減衰度	$\text{Nsm}^{-1}$	$2 \times 10^4$
$R_1, R_2$	前部および後部の輪軸での湾曲した軌道の半径	$\text{m}$	1000
$\theta_{c1}, \theta_{c2}$	前部および後部の輪軸での湾曲した軌道の傾斜角	$\text{rad}$	$6 \times \pi / 180$
$y_{11}, y_{12}$	前部および後部の輪軸での直線トラック横方向確率的変位	$\text{m}$	-
$g$	重力	$\text{ms}^{-2}$	9.8

FIG. 2

【図3】

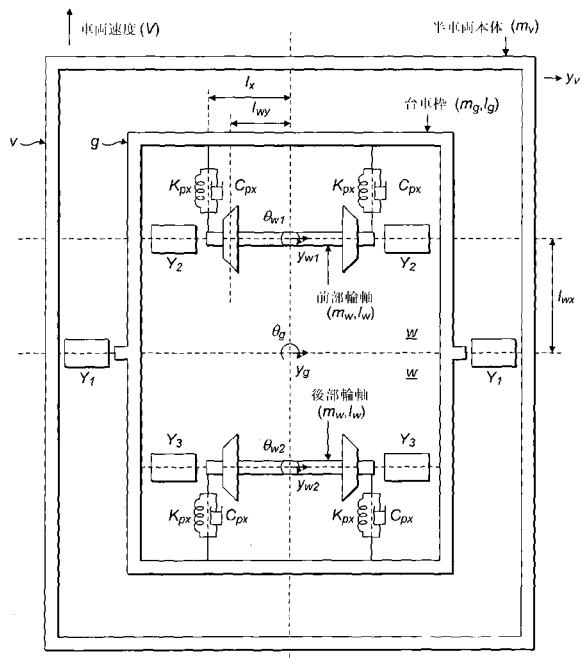


FIG. 3

【図4】

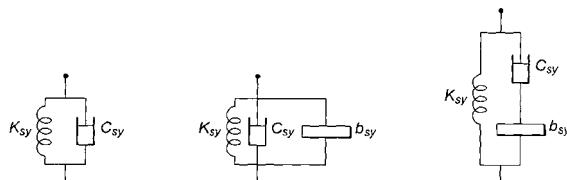


FIG. 4(a)

FIG. 4(b)

FIG. 4(c)

【図5】

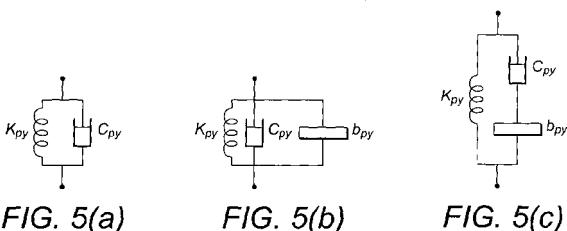


FIG. 5(a)

FIG. 5(b)

FIG. 5(c)

【図6】

レイアウト	K_p×の最小化値 (Nm)	改善度 (%)	パラメータ値 (Mm, l, N s m <sup>-1</sup> , kg)	
			Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
従来型 (C <sub>sy</sub> に開いて柔軟化, デフォルト)	3.77 × 10 <sup>7</sup>	-	$C_{sy} = 2 \times 10^4$	
新例 b <sub>1</sub> × (図2のレイアウト S 3)	3.55 × 10 <sup>7</sup>	6.33	$C_{sy} = 2.2 \times 10^4, b_{sy} = 1.53 \times 10^4$	
従来型 (Y <sub>2</sub> および補助輪方向を強化)	4.38 × 10 <sup>6</sup>	88.4	$C_{py} = 1 \times 10^6, C_{sy} = 2.12 \times 10^4, C_{px} = 1 \times 10^3$	
新例 b <sub>2</sub> × (Y <sub>2</sub> およびY <sub>3</sub> のレイアウト S 3)	4.12 × 10 <sup>6</sup>	89	$C_{py} = 7.17 \times 10^5, b_{py} = 2.38 \times 10^4, C_{sy} = 2.16 \times 10^4, b_{sy} = 3.06 \times 10^4, C_{px} = 1.5 \times 10^3$	

FIG. 6

【図7】

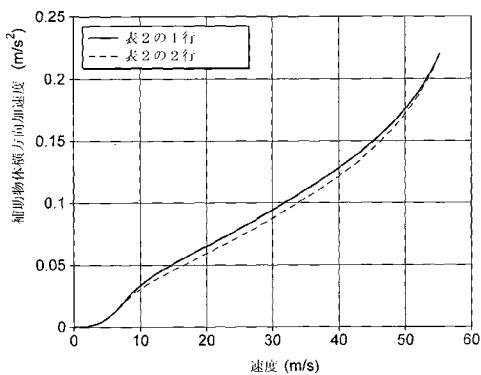


FIG. 7(a)

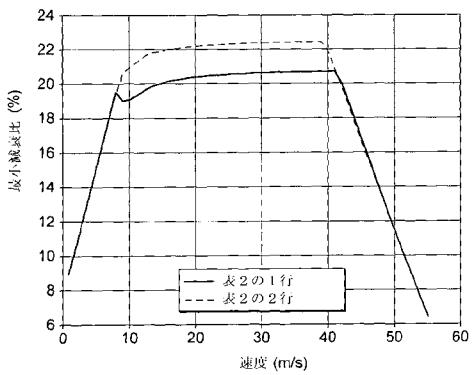


FIG. 7(b)

【図8】

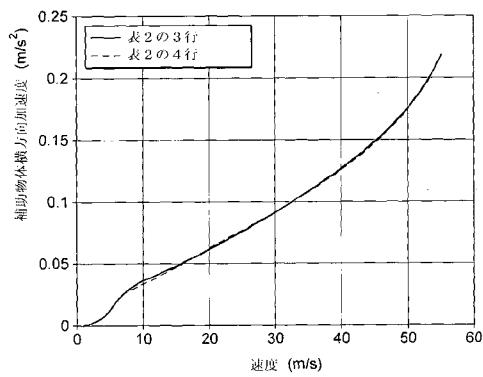


FIG. 8(a)

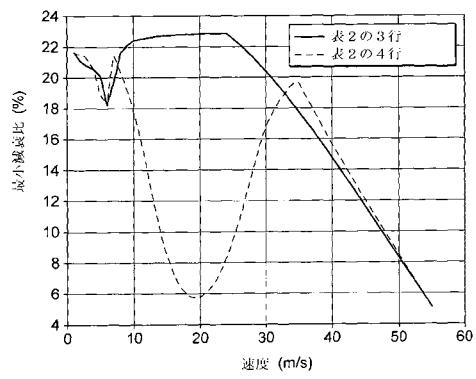


FIG. 8(b)

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/GB2012/051814
---

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B61F5/22 B61F5/30 ADD.
---

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC
---

B. FIELDS SEARCHED
--------------------

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B61F
---

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
---

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
--

EPO-Internal
--------------

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT
--

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FU-CHENG WANG,MIN-KAI LIAO: "The lateral stability of train suspension systems employing inerters", VEHICLE SYSTEM DYNAMICS: INTERNATIONAL JOURNAL OF VEHICLE MECHANICS AND MOBILITY, vol. 48, no. 5, 31 May 2010 (2010-05-31), pages 619-643, XP002686469, cited in the application page 622, paragraph 2.3 - page 623; figures 1,3 page 627, paragraph 3.1.1. ----- - / --	1-12

<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
--	--

* Special categories of cited documents :
---

*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
--

*E* earlier application or patent but published on or after the international filing date
---

*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
---

*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
--

*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
--

*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
---

*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
--

*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
--

*&* document member of the same patent family
---

Date of the actual completion of the international search
---

Date of mailing of the international search report
--

16 November 2012
------------------

28/11/2012
------------

Name and mailing address of the ISA/
--------------------------------------

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016
--

Authorized officer
--------------------

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/GB2012/051814

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>"High speed presentation wins award",            School of Electronic, Electrical and            Systems Engineering</p> <p>, 10 March 2011 (2011-03-10), XP002686470,            Loughborough University            Retrieved from the Internet:            URL:<a href="http://www.lboro.ac.uk/departments/e1/news/Year2011/Matamoros-Sanchez.html">http://www.lboro.ac.uk/departments/e1/news/Year2011/Matamoros-Sanchez.html</a>            [retrieved on 2012-11-05]            the whole document</p> <p>-----</p> <p>US 2010/148463 A1 (WANG FU-CHENG [TW] ET            AL) 17 June 2010 (2010-06-17)            paragraph [0006]</p> <p>-----</p>	1-4,7-12
X		1,11,12

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No  
PCT/GB2012/051814

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010148463 A1	17-06-2010	TW US 201022058 A 2010148463 A1	16-06-2010 17-06-2010

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,R,S,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RW,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN

(74)代理人 100100549

弁理士 川口 嘉之

(74)代理人 100113608

弁理士 平川 明

(74)代理人 100123098

弁理士 今堀 克彦

(72)発明者 スミス,マルコム シー

イギリス ケンブリッジシャー C B 2 1 Q A ケンブリッジ トランピントン ストリート  
10 ケンブリッジ エンタープライズ リミテッド

(72)発明者 ジアン,ジュヨン

中華人民共和国 ジアンスー 2 1 2 0 0 9 ジアン スー ジエン ジアン ディンマオ チャ  
オ ロード ナンバー 1 9 6 ジン ジアン ホワ ユエン 7 0

(72)発明者 グッダール,ロジャー モーガン

イギリス リンカンシャー L N 8 6 D U ビンブルック オーフォード ロード スプリング  
フィールド